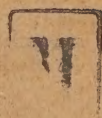
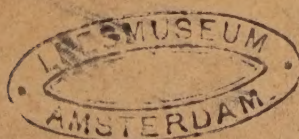


Thesis. Amsterdam. 1925/97

BIJDRAGE TOT DE KWANTITATIEVE
BEPALING VAN DEN KLEURENZIN

LANE MEDICAL LIBRARY
STANFORD UNIVERSITY
300 PASTEUR DRIVE
PALO ALTO, CALIF.

J. J. VAN DER HORST



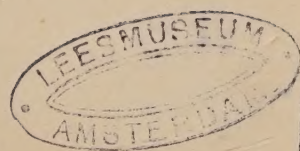


1645



Gift of
Mr. William Wreden

BIJDRAGE TOT DE KWANTITATIEVE
BEPALING VAN DEN KLEURENZIN



BIJDRAGE TOT DE KWANTITATIEVE BEPALING VAN DEN KLEURENZIN

ACADEMISCH PROEFSCHRIFT TER
VERKRIJGING VAN DEN GRAAD
VAN DOCTOR IN DE GENEES-
KUNDE, AAN DE UNIVERSITEIT
VAN AMSTERDAM, OP GEZAG
VAN DEN RECTOR MAGNIFICUS
DR. O. LANZ, HOOGLEERAAR IN DE
FACULTEIT DER GENEESKUNDE,
IN HET OPENBAAR TE VERDEDI-
GEN IN DE AULA DER UNIVERSI-
TEIT OP WOENSDAG 10 JUNI 1925
DES NAMIDDAGS TE 3 UUR, DOOR
JACOB JAN VAN DER HORST
✧ GEBOREN TE ZAANDIJK ✧



AAN MIJN VADER EN MOEDER

VOORWOORD

Bij het voltooien van dit proefschrift wil ik in de eerste plaats mijn dank brengen aan U, Hooggeleerde Zeeman, voor de bereidwilligheid waarmee ge mijn promotor hebt willen zijn. Ik zal mijn leven lang met dankbaarheid terug zien op den tijd gedurende welken ik onder uw welwillende leiding in uw gastvrije laboratorium heb mogen werken.

Ook U ben ik veel dank verschuldigd, Zeergeleerde Otto Roelofs. De groote belangstelling, waarmee ge het onderzoek volgde, uw grondige kritiek en, niet minder, de bereidwilligheid, waarmee ge U telkens weer als proefpersoon beschikbaar stelde, zal ik niet licht vergeten.

Dan past mij hier een woord van dank aan allen die verder tot mijn wetenschappelijke vorming hebben bijgedragen.

Dit geldt in de eerste plaats U, Hooggeleeren, in de medische en natuurphilosophische faculteiten dezer Universiteit!

Ook denk ik hier met dankbaarheid terug aan U, leeraren en oud-leeraren aan de vroegere H. B. S. te Zaandam. Eerst lang na het verlaten van uw school heb ik dit voorbereidend onderwijs leeren waardeeren.

Zeergeleerde Herderschêe, de zeer leersame maanden aan uw afdeeling doorgebracht zullen mij lang in herinnering blijven. Gaarne breng ik hier ook U mijn dank.

Zeergeleerde Tanja, het is mij een groot voorrecht gedurende eenigen tijd aan uw kliniek werkzaam te mogen zijn. Ik dank u voor de gelegenheid mij geboden, aldus eenige klinische ervaring te verkrijgen.

Zeergeleerde Holst, het was uw bij uitstek deskundige voorlichting, die mij een voor mijn onderzoek onmisbaar onderdeel, de constante lichtbron, verschafte. Ontvang ook gij mijn hartelijken dank!

Tenslotte dank ik allen, die, door zich bereidwillig aan mijn proefnemingen te onderwerpen, tot de samenstelling van dit proefschrift hebben bijgedragen.

INHOUD

I	INLEIDING	blz. 1
II	THEORIE DER DREMPELMETING	blz. 2
III	LITERATUUROVERZICHT.	blz. 6
IV	HET EIGEN ONDERZOEK.	blz. 13
V	HET VRAAGSTUK DER BENAMINGEN. . .	blz. 58
VI	SLOTSOMMEN	blz. 73
VII	GERAADPLEEGDE LITERATUUR	blz. 75

TABELLEN

I. INLEIDING

Zoowel uit wetenschappelijk als uit practisch oogpunt kan het gewenscht zijn niet enkel het bestaan van een abnormalen kleurenzin aan te toonen, maar ook de graad der functiestoornis te meten. De meeste methodes van kleurenzin-onderzoek bepalen zich echter tot het eerste. Bij het onderzoek van den kleurenzin heeft men het kwantitatieve element zoozeer verwaarloosd, dat een groote moeilijkheid bij de beoordeeling van den abnormalen kleurenzin thans nog gelegen is in de omstandigheid, dat nog niet nauwkeurig vast staat, wat onder „normalen kleurenzin” moet worden verstaan en door welke kwantitatieve kenmerken een „abnormale kleurenzin” wordt gekarakteriseerd en dus het gemakkelijkst herkend. Deze leemte eenigermate aan te vullen is het doel van dit proefschrift. ☼ Bij mijn onderzoek ging ik uit van de veronderstelling dat een abnormale kleurenzin samengaat met een abnormale gevoeligheid van ons gezichtsorgaan voor lichtstralen van verschillende golflengte. Is deze veronderstelling juist, dan zal men het bestaan van een afwijking kunnen aantoonen door deze gevoeligheid te meten. Een nauwkeurige meting van deze gevoeligheid is voor dit onderzoek dus een eerste vereischte. Door den uitslag van deze meting te vergelijken met dien van eenige gebruikelijke methodes van kleurenzin-onderzoek zal men kunnen nagaan of de uitkomst aan de verwachting beantwoordt. ☼ De gevoeligheid voor prikkels van verschillende soort moet men beoordeelen naar de gewaarwordingen welke deze prikkels opwekken. De sterkte van elken prikkel moet een zeker bedrag overschrijden om een gewaarwording te kunnen opwekken. Dit bedrag, de *drempelwaarde*, is een maat voor de gevoeligheid. Het onderzoek naar de gevoeligheid van het gezichtsorgaan komt dus neer op het meten van den kleinsten prikkel, die in staat is een gewaarwording op te wekken.

II. THEORIE DER DREMPELMETING

Het opwekken van de aethertrilling die als prikkel dient, ontkent een aaneenschakeling van evenwichts-verstoringsen van verschillenden aard, waarvan het einde is de registratie van de drempelwaarde door den onderzoeker. Van dit proces zal ik de omstandigheden die het eindresultaat beïnvloeden hier bespreken en daarbij nagaan aan welke voorwaarden moet worden voldaan, wil de uitslag betrouwbaar zijn. Het is daarbij onvermijdelijk volgens een schema te werk te gaan. ☒ De volgende beschouwing levert naar ik meen een bruikbaar schema, dat aan het ware verband tusschen de omstandigheden niet al te zeer te kort doet: Bij prikkeling van het netvlies is de gewaarwording afhankelijk van verschillende veranderlijke factoren, die in drie groepen te verdeelen zijn, alnaarmate ze in verband staan met:

- A. de prikkel;
- B. het netvlies en de optische baan;
- C. de psyche van de proefpersoon.

A. DE PRIKKEL

Van belang zijn de volgende eigenschappen:

1. aard.
2. sterkte.
3. duur.
4. uitgebreidheid.

1. De aard van den prikkel.

De golflengte der aethertrillingen die in staat zijn door prikkeling van ons gezichtsorgaan een gewaarwording op te wekken, blijkt te kunnen varieeren van 318 tot 835 $\mu\mu$. Voor nauwkeurige metingen is het noodzakelijk, dat de samenstelling van den prikkel nauwkeurig bekend is. Het is gewenscht deze samenstelling zoo eenvoudig mogelijk te houden. Het ideaal zou zijn aethertrillingen te gebruiken van één golflengte. Dit is practisch onmogelijk. Ook het spectrum van de door kleurschifting of door interferentie verkregen lichtsoorten heeft steeds eenige breedte en bestaat dus uit

een mengsel van aethertrillingen met golflengten die uiteenloopen, zij 't dan betrekkelijk weinig. ☼ Het ideaal is dus onbereikbaar en wij zullen ons moeten vergenoegen met een benadering, zonder daarbij te geraken tot toestanden die hetzij uit theoretisch, hetzij uit practisch oogpunt al te weinig bevredigen.

2. De sterkte van den prikkel.

De sterkte van den prikkel laat zich uitdrukken in de hoeveelheid energie die per eenheid van tijd en per eenheid van oppervlakte op het netvlies inwerkt. Dit is wat men verstaat onder de „vlaktehelderheid” van het netvliesbeeld¹⁾. De vlaktehelderheid van het netvliesbeeld is afhankelijk van:

a. de vlaktehelderheid van het lichtgevend voorwerp, dat is de lichtsterkte per oppervlakte-eenheid en wel is $e = \frac{I}{s}$, waarin e = vlaktehelderheid, I = lichtsterkte en s = oppervlakte van het voorwerp. De lichtsterkte I is afhankelijk van de lichtsterkte en de plaats van de gekozen lichtbron.

b. de absorptie door de lucht. Deze is te verwaarloozen.

c. de wijidte van de pupil. De vlaktehelderheid van het netvliesbeeld is evenredig met het vierkant van de middellijn van de pupil.

d. de absorptie door de brekende media van het oog. De lichtstralen, die de percipieerende elementen van het netvlies bereiken hebben achtereenvolgens doorloopen het hoornvlies, het kamerwater, de lens, het glasvocht en een gedeelte van het netvlies, waarvan vooral belangrijk is de gele vlek. ☼ Voor de gele vlek en, bij oudere personen, ook voor de lens is de absorptie niet te verwaarloozen²⁾. Evenmin is zij evenwel in elk individueel geval te bepalen en wij zullen er dus op moeten rekenen, dat de absorbeerende werking bij de verkregen getallen is inbegrepen en dat deze daarom niet een maat zijn voor de gevoeligheid van het netvlies, maar voor die van het gezichtsorgaan in zijn geheel.

e. de afwijkingen in de beeldvorming. Zij zijn na correctie van brekingsafwijkingen te verwaarloozen bij gebruik van niet al te klein voorwerp, indien we aannemen, dat het corrigeerend glas is geplaatst in het voorste brandpunt van het oog en de voorste brandpuntsafstanden in de verschillende oogen niet te veel uiteenloopen.

¹⁾ Bosscha Sissingh, Leerboek der Natuurkunde, 4 § 134.

²⁾ Zie hiervoor Krarup, Physisch-ophthalmologische Grenzprobleme, Leipzig 1906.

3. De duur van den prikkel.

De duur van den prikkel beïnvloedt de gewaarwording. De totale hoeveelheid energie die op het netvlies inwerkt is evenredig met den tijd. Deze factor mag dus bij de bepaling van drempelwaarden niet verwaarloosd worden.

4. De uitgebreidheid van den prikkel.

Ook deze zal de grootte van de drempelwaarde beïnvloeden.

B. HET NETVLIES EN DE OPTISCHE BAAN

De retina en de optische baan bepalen de gewaarwording in zooverre als 1^e de ligging van het geprikkelde deel, 2^e de adaptatietoestand en 3^e de prikkelingstoestand van het den prikkel omgevende deel der retina van belang zijn. Bij het inrichten der proeven zullen wij er naar streven de prikkel te beperken tot de fovea centralis, wij zullen trachten de adaptatietoestand van het netvlies constant te houden en rekening houden met den invloed van het simultane contrast.

C. DE PSYCHE VAN DE PROEFPERSOON

In Graefe-Saemisch, Handbuch der gesamten Augenheilkunde Lieferung 115, blz. 6, schrijft Ewald Hering:

„Das was wir in einem gegebenen Augenblicke sehen ist keineswegs „nur bedingt durch die Art und Stärke der ins Auge fallenden „Strahlungen und den jeweiligen Zustand des gesamten Netzhaut- „apparates, vielmehr sind diese nur die sozusagen primären Entsteh- „ungsfaktoren der durch die Strahlungen veranlassten Farben. Zu „ihnen gesellen sich die durch allerlei Nebenumstände geweckten „Reproduktionen des früher Erfahrenen, welche als sekundäre und „gleichsam accidentelle Faktoren das jeweilige Sehen mit bestimmen.“

En op bladzijde 7:

„ die Farbe, in welcher wir ein Aussending überwiegend oft „gesehen haben, prägt sich unserem Gedächtnis unauslöslich ein und „wird zu einer festen Eigenschaft des Erinnerungsbildes. Was der „Laie die wirkliche Farbe eines Dinges nennt, ist eine in seinem „Gedächtnis gleichsam fest gewordene Farbe desselben; ich möchte „sie die Gedächtnisfarbe des Dinges nennen.“

Verder nog op bladzijde 9:

„Alle Dinge, die uns bereits aus Erfahrung bekannt sind, oder die „wir für etwas uns nach seiner Farbe schon Bekanntes halten, sehen „wir durch die Brille der Gedächtnisfarben und deshalb vielfach „anders, als wir sie ohne dieselbe sehen würden.“

Door deze woorden van Hering wordt, wel op zeer duidelijke wijze de psychologische kant van het drempelwaarde vraagstuk belicht. In verband hiermee doet zich de principieel belangrijke vraag voor of het ten eenen male wel geoorloofd is een vergelijkende meting te doen berusten op het noemen der kleurennamen door den onderzochte. Deze vraag zou zonder aarzeling bevestigend beantwoord kunnen worden wanneer men wist, dat alle onderzochte individuen over een normalen kleurensin beschikten. Normale personen hebben in hun jeugd de namen der kleuren geleerd en deze namen beantwoorden bij hen aan gewaarwordingen, die zoo belangrijk onderling verschillen, dat het gebruik van de namen hun geen moeilijkheden baart. Dit is bij menschen met een gebrekkigen kleurensin anders. Ook zij hebben van jongsaf alle namen geleerd. Hun gewaarwordingen loopen echter veel minder uiteen: de voor normalen bestemde terminologie der kleuren past niet op het systeem hunner gewaarwordingen. ☼ Boven- genoemde vraag is daarom alleszins gerechtvaardigd en zij zal slechts dan bevestigend beantwoord mogen worden, wanneer bij het onderzoek met de verschillende psychologische factoren wordt rekening gehouden. Zoo moeten in de eerste plaats de onderzochte personen van zoodanige intellectueele ontwikkeling zijn, dat men mag aannemen, dat zij alle gedurende hun leven evenveel gelegenheid hebben gehad zich in het gebruik van kleurennamen te oefenen. Aan den anderen kant moeten de gebruikte stralensoorten zoo worden gekozen, dat normale personen van matige intellectueele ontwikkeling de daardoor opgewekte kleursensatie zonder aarzeling kunnen definieeren. Verder richte men het onderzoek zóó in, dat de „herinneringskleur” (Gedächtnisfarbe) buiten beschouwing mag worden gelaten. Ook moet men den onderzochte de verschillende „kleuren” in bonte afwisseling (naar soort en stralingsintensiteit) vertoonen, daartusschen „blinde” bepalingen inlasschen en ten slotte slechts dan aannemen, dat de proefpersoon de hem getoonde kleur herkent, wanneer zij deze meermalen achtereen juist benoemd heeft.

Hiermee zijn de factoren besproken, met welke men moet rekening houden bij het kwantitatieve onderzoek van den kleurensin volgens de methode der drempelwaardebepaling. ☼ Wij zullen nu nagaan bij welke methodes van kwantitatief kleurensin-onderzoek men van eenzelfde beginsel uitging, hoe zij waren ingericht en of zij aan de boven- beschreven eischen voldeden en verder welke gegevens er bestaan omtrent de beteekenis die de verschillende omstandigheden hebben.

III. LITERATUUROVERZICHT

VROEGERE KWANTITATIEVE METHODES

Als vroegere pogingen tot kwantitatieve bepaling van den kleurensin vinden wij

1. de lantaarn van Donders ¹⁾;
2. de chromoptometer van Parinaud ²⁾.

Met de lantaarn van Donders, welk toestel van 1875 dateert, zijn eenige duizenden spoorwegambtenaren onderzocht en gedurende vele jaren was het onderzoek met dit toestel bij keuringen van spoorwegpersoneel voorgeschreven. ☒ Met zijn methode bepaalt D. wat hij noemt het kleuronderscheidingsvermogen. Hij meet dat aan de kleinste gezichtshoek waaronder de kleur van een klein lichtgevend oppervlak nog juist wordt herkend. Als eenheid neemt D. aan het K. O. V. van den normale. Voor den normale is dus $K = 1$. Het K. O. V. is nu, zegt D., omgekeerd evenredig aan de gevorderde lichtshoeveelheden, dus evenredig aan de vierkanten van de afstand d waarop de kleur wordt herkend en omgekeerd evenredig aan het vierkant van de middellijn m van het lichtgevend voorwerp. Is D de afstand waarop het normale oog de kleur bij $m = 1$, dat is voor een voorwerp van 1 m.m. middellijn onderscheidt zoo wordt

$$K = \frac{1}{m^2} \times \frac{d^2}{D^2}$$

Donders bepaalde het K. O. V. bij opvallend en bij doorvallend licht. Voor het laatste geval was het instrumentarium als volgt ingericht. Voor de vlam van een „gewone standaardkaars”, die als lichtbron gebruikt wordt, bevindt zich een zwarthouten scherm met ronde opening van 25 m.m. middellijn, gesloten door matglas. ☒ Hiervoor is een metalen plaat verschuifbaar met gaatjes van 1, 2, 5, 10 en 20 m.m. Onmiddellijk achter de opening bevindt zich een draaibare schijf met verschillende gaten voorzien, waarvan het ééne vrij is, de andere een rood en een groen glas der seinlichten en andere gekleurde glazen bevatten, die men naar goedvinden voor de opening brengen kan. ☒ De lichtbron is verschuifbaar ten opzichte van het scherm en de afstand van lichtbron tot scherm dus veranderlijk. Donders

¹⁾ F. C. Donders: De kwantitatieve bepaling van het kleurondersch. vermogen, Utrecht, 1875.

²⁾ Parinaud: Détermination de la sensibilité pour la lumière et les couleurs. Ann. d'Ocul. 1881. blz. 127.

begon nu met voor 't normale oog de afstand van lichtbron tot scherm te bepalen waarbij voor een bepaalde kleur bij $m = 1$ m.m. $D = 5$ meter werd en noemde de afstand van lichtbron tot scherm voor die kleur A . ☒ Voor een willekeurig oog werd de overeenkomstige afstand voorgesteld door a . ☒ Gewoonlijk zorgde men dat $a = A$ gekozen werd. Alleen voor sterk afwijkende oogen was het soms noodig de belichting sterker, dus $a < A$, te nemen. Het kleuronderscheidingsvermogen is nu :

$$K = \frac{1}{m^2} \times \frac{d^2}{D^2} \times \frac{a^2}{A^2} = \left(\frac{1}{m} \times \frac{d}{D} \times \frac{a}{A} \right)^2$$

Stelt met $\surd$ $K = \frac{1}{m} \times \frac{d}{D} \times \frac{a}{A} = L$. zoo volgt, terwijl L door waarneming wordt gevonden, voor het kleuronderscheidingsvermogen

$$K = L^2$$

Voor $a = A$ en $m = 1$ is $L = \frac{d}{D}$

De methode van Donders komt dus neer op het meten van den afstand waarop het te onderzoeken individu de kleur herkent van een verlicht veldje van 1 mm. middellijn.

Van Marle (Proefschrift, Amsterdam 1904) heeft bij zijn vergelijkend onderzoek ook deze methode geprobeerd. Hij komt er echter toe haar te verwerpen. De gronden waarop hij deze verwerping baseert zijn zoo merkwaardig, dat ik zijn uitlating hier woordelijk laat volgen. Van Marle schrijft (blz. 98):

„De lantaarn van Donders is niets anders en wil ook niets anders „zijn dan een methode tot vaststelling van het kleuronderscheidingsvermogen voor verschillende kleuren. Dat er op deze wijze geen „quaestie kan zijn van een scheiding tusschen kleurenblinden en „kleurenzwakken, behoeft geen betoog. Waar het echter bij keuringen „minder om deze onderscheidingen te doen is, dan om vast te stellen „iemand's vermogen om kleuren te zien en te onderscheiden, heeft „deze methode zeker haar recht van bestaan en is zij in de voor„schriften over de keuring van spoorwegpersoneel officieel opgenomen. „Het resultaat van mijn onderzoek met deze lantaarn was, zooals van „te voren te verwachten was, geen ander, dan dat K bij allen, die „een defect in hun kleurzin hadden, een grootere of een kleinere

„fractie was van de normale. Een duidelijk verschil in die fractie bij „kleurenblinden en kleurzwakken vond ik niet.

„Toen dit mij gebleken was, heb ik verder onderzoek met deze „methode gestaakt.”

Deze merkwaardige redeneering en de onverwachte conclusie zijn karakteristiek voor de opvattingen die men in de litteratuur der kleurenzindiagnostiek herhaaldelijk tegenkomt. ☼ Hoe is toch de gang van zaken? Men heeft een bepaalde theorie van den kleurenzin en grondt daarop bepaalde „ziektebeelden”. Nu komt er een onderzoeker die, volgens een bepaalde methode, verschillende personen met gebrekkigen kleurenzin onderzoekt. De uitslag van zijn onderzoek strookt niet met de opvattingen omtrent de „ziektebeelden”. En de onderzoeker concludeert, dat de methode niet deugt, terwijl hij met evenveel, neen, met méér recht, mocht concluderen dat de opvattingen omtrent de „ziektebeelden” niet juist zijn. Tenminste, wanneer de methode van onderzoek is opgezet in overeenstemming met wat onze physische en physiologische ervaring heeft geleerd als „juist” te erkennen. ☼ De methode van Donders is naar hij zelf opmerkt daardoor gekenmerkt, dat men bepaalt de drempelwaarde van den gezichtshoek. Is dit inderdaad het geval? Donders laat de proefpersoon kijken naar een verlicht veldje van 1 mm. middellijn en van een bepaalde kleur en regelt de belichtingssterkte zóó, dat een normaal individu de kleur op 5 m. afstand zou herkennen. Blijkt de proefpersoon de kleur dan nog *niet* te herkennen, dan verkleint hij de afstand tusschen waarnemend oog en verlicht veldje. Het is duidelijk, dat door deze afstandsvermindering tegelijkertijd twee factoren gewijzigd worden, te weten de totaal geapplianceerde hoeveelheid energie en het aantal geprikkelde kegels. Omtrent den invloed van elk dezer factoren op de drempelwaarde valt niets te voorspellen. Het is zeer onwaarschijnlijk, dat de op deze wijze verkregen getallen een getrouwe weerspiegeling geven van de functie van het oog en dus van de graad der mogelijke afwijking. ☼ Andere bezwaren tegen deze methode zijn, dat er geen rekening gehouden werd met de adaptatietoestand, de breedte van de pupil en de blikrichting. Ook was de samenstelling van de gebruikte lichtsoorten niet nauwkeurig bekend. Donders toch gebruikte „rood en groen glas der seinalichten en andere gekleurde glazen”. Ondanks deze bezwaren bleek de lantaarn van Donders geschikt om tal van personen met abnormalen kleurenzin op te sporen. Het groote voordeel van de methode is, dat zij, zonder uit te gaan van eenigerlei hypothese, eenvoudig

tracht te geraken tot het meten der functiestoornis. ☒ De opzet dezer methode was daarom volkomen rationeel.

Onmiddellijk in aansluiting aan Donders' lantaarn dient hier herinnerd te worden aan de „chromoptomètre" van Parinaud¹⁾. Met dit toestel kan men zoowel de drempel der intensiteit als die van den gezichtshoek meten. De methode lijkt veel op die van Donders, maar voldoet evenmin aan de eischen zooals die hierboven ontwikkeld zijn. ☒ De factoren tijd en contrast blijven buiten beschouwing. Wel wijst Parinaud op de noodzakelijkheid van een constanten adaptatietoestand. Ook bespreekt hij de bezwaren ondervonden bij het zoeken naar geschikte glazen van „zuivere" kleur, en geeft hij zich reenschap van het feit, dat alleen spectraal licht in dit opzicht aan de hoogste eischen voldoet.

DE INVLOED DER OMSTANDIGHEDEN

Wij zullen nu achtereenvolgens bespreken wat vroeger gevonden is omtrent den invloed, die verschillende der hierbovengenoemde factoren hebben op de kleurgewaarwording, bij normalen en bij personen met kleurenzinafwijkingen.

INTENSITEIT

Parinaud vond, dat wanneer de lichtsterkte van 't kleine gezichtsveld van nul af langzaam wordt opgevoerd, het eerst een gewaarwording „licht" optreedt, zonder dat dan nog een kleur kan gedefinieerd worden. Eerst bij grootere verlichtingssterkte wordt de kleur herkend. Dit verschijnsel trad bij elke kleur op, behalve bij rood, dat dadelijk als zoodanig werd herkend. Charpentier stelde voor de verhouding van de lichtdrempel tot de kleurdrempel te noemen: „intervalle photochromatique". Volgens Parinaud zou dus het photochromatisch interval voor rood gelijk 1 zijn, voor de andere kleuren grooter dan 1. Ch. daarentegen meende dat ook bij rood het ph.i. grooter is dan 1. ☒ Parinaud onderzocht enkele personen met kleurenafwijking („daltoniens") en vond dat het ph.i. bij hun belangrijk grooter is dan bij normalen. Deze afwijking vertoonde zich steeds zoowel voor rood als voor groen. Naar aanleiding hiervan laat Parinaud zich als volgt uit: „je m'étonne, en dehors de toute pré-occupation théorique, que certains auteurs continuent à parler de la

¹⁾ Parinaud: Détermination de la sensibilité pour la lumière et les couleurs Ann. d'Ocul. 1881, blz. 127.

„cécité isolée du rouge ou du vert”. Wij zullen later gelegenheid hebben hier op terug te komen. Verder vertoonden sommige zijner „daltoniens” de eigenaardigheid, dat wel is waar het rood dadelijk als zoodanig herkend werd, (het ph. i. dus gelijk was aan I) dat evenwel de drempel in die gevallen aanmerkelijk hooger ligt dan bij normalen. ☒ Later heeft ook Guttman onderzoekingen gedaan in deze richting. In wezen komen zijn resultaten met die der bovengenoemde onderzoekers overeen. Van de kleurenzinafwijkingen onderzocht hij de „kleurenzwakte” en vond ook daarbij een verhoogde kleurdrempel.

GROOTTE VAN HET VOORWERP

De bovengenoemde Fransche onderzoekers hebben ook den invloed nagegaan van de grootte van het verlichte veldje op de drempelwaarden. Het photochr. interv. bleek bij normalen toe te nemen naarmate het voorwerp kleiner was (Broca). ☒ Ook bij Guttman vinden we een onderzoek naar de invloed van de grootte van het voorwerp op de kleurgewaarwording. Hem was 't te doen om de diagnostiek der „kleurenzwakte”. Hij ging daarbij op de volgende wijze te werk. ☒ Bij een apparaat voor het mengen van spectraal licht volgens Helmholtz krijgt het te onderzoeken oog twee aaneensluitende halve-cirkelvormige veldjes te zien, die ieder op elke willekeurige lichtsoort kunnen worden ingesteld, terwijl ook de intensiteit naar willekeur kan worden geregeld. Men begon de beide veldjes in te stellen op geel uit de buurt van de Na-lijn. Daarna werd een der halve cirkels op ander licht ingesteld en de te onderzoeken persoon kreeg nu de opdracht de oorspronkelijke kleur weer op te zoeken door dus beide helften aan elkaar gelijk te maken. Normale personen maakten daarbij een fout van hoogstens 1 à 2 $\mu\mu$, terwijl Guttman zelf, die groenzwak is, een fout maakte van 12 à 13 $\mu\mu$. Beperkte men nu de grootte van het gezichtsveld tot de fovea, dan veranderde daardoor de fout der normalen niet, die der groenzwakken daarentegen steeg tot 20, soms wel tot 40 $\mu\mu$. De „onderscheidingsgevoeligheid” der normalen vermindert dus niet door verkleining van het gezichtsveld, die der kleurzwakken daarentegen wel. Guttman zegt, dat door verkleining van het gezichtsveld de anormale trichromaat kan gemaakt worden tot zoiets als een dichromaat.

TIJD

Eigenaardig is, dat de mededeelingen over den invloed van den tijd op de kleurgewaarwordingen zeer schaarsch zijn. Alleen bij Guttman

vinden wij daaromtrent iets en wel, wederom in verband met de kleurenzwakte. Hij onderzocht zijn personen zoowel met gekleurde papieren als met spectraal licht. Hij beperkte de waarnemingstijd en kon daarbij gaan tot „belichting” van 0,0002 seconde. Groenzwakken bleken voor het herkennen van groen meer tijd noodig te hebben, dan normalen. Bij afnemende belichtingstijd wordt de onzekerheid van hun uitlatingen, ook omtrent andere kleuren, grooter. Bij gebruik van spectraal licht werd het verschil tusschen normalen en groenzwakken nog duidelijker. Bij 0,0002 seconde gedragen de groenzwakken zich eigenlijk als totaal kleurenblinden. Het verschil tusschen de resultaten bij gekleurde papieren en spectraal licht verklaart hij uit de aanwezigheid van secundaire kenmerken bij de eerste, als glans en korrel van het papier.

ADAPTATIE TOESTAND

Het zijn hier weer voornamelijk Franschen die zich er mee hebben ingelaten. Zoowel Charpentier als Parinaud vonden, dat bij donkeradaptatie de lichtdrempel verlaagd wordt, de kleurdrempel daarentegen niet verandert („la sensation chromatique exige toujours la „même quantité de lumière”). Parinaud meent, dat de toeneming der lichtgevoeligheid alleen geldt voor de extrafoveale netvliesgedeelten en dat de graad der toeneming afhankelijk is van de golflengte van het licht.

CONTRAST

Révész, Angier en Guttman onderzochten den invloed van het simultaan contrast op de kleurgewaarwording; de eersten bij personen met normalen de laatste ook bij die met abnormalen kleurensin. ✂ Révész gebruikte spectraallicht, dat aan de proefpersoon vertoond werd onder een hoek van 50'. Hij zorgde voor een toestand van behoorlijke lichtadaptatie, die ook tusschen de proeven weer op peil gebracht werd. De belichtingstijd was vrijwel onbepaald, elke waarneming duurde „niet langer dan 4 tot 8 seconden”. Ook werd geen rekening gehouden met de pupilwijdte. Personen met abnormalen kleurensin werden door Révész niet onderzocht. Als contrastkleur gebruikte hij wit. Hij vond dat de drempelwaarden voor de kleur een lineaire functie zijn van de verlichtingssterkte van het contrasteerende witte veld. De drempelwaarde was voor elke kleur het laagst bij een zeker zwak contrast, dat R. het „kritische grijs” noemt, dus

niet bij, wat men misschien zou verwachten, een geheel donkeren achtergrond. ☒ Ook Roswell P. Angier ging den invloed na van simultaan helderheidscontrast op de kleurdrempel. Hij richtte de proeven eenigszins anders in. Ook hij hield geen rekening met den factor tijd. Wel gebruikte hij een kunstmatige pupil. Daarentegen maakte hij geen gebruik van spectraal licht. Ook het contrast verkrijgt hij op een andere wijze dan Révész. Hij veroorzaakt n.l. het contrast niet alleen door het buitenste veld, de achtergrond, min of meer sterk te verlichten, maar ook door aan het licht van het binnenste veld, van het eigenlijke „voorwerp”, wit licht toe te voegen. Hij komt tot het resultaat, dat „wanneer de helderheid van een gekleurd veld of zijn achtergrond verhoogd wordt door toevoeging van wit licht, de objectieve drempelwaarde in beide gevallen stijgt, hoewel in 't eerste geval subjectief de helderheid van 't gekleurde veld verhoogd en de verzadiging van de kleur verminderd wordt, terwijl in het tweede geval omgekeerd de helderheid verminderd en de verzadiging verhoogd wordt. Een wiskundige betrekking tusschen contrast en drempelwaarde vond Angier niet. Evenmin als Révész onderzocht hij personen met kleurenzin-afwijkingen. ☒ Guttmann had door eigen ervaringen den indruk gekregen, dat kleurenzwakken gevoeliger zijn voor den invloed van het simultane contrast dan normalen. Proeven met spectraal licht en met gekleurde papieren maakten dien indruk tot overtuiging. Met de laatste methode kon hij de graad der afwijking ook min of meer kwantitatief bepalen. We weten, dat Nagel getracht heeft van deze feiten in zijn „Tafeln zur Farbenuntersuchung” gebruik te maken. ☒ Wij zien dus, dat reeds verschillende onderzoekers getracht hebben den invloed te bepalen van verschillende der in hoofdstuk I genoemde factoren. Ieder dezer onderzoekers volgde daarbij zijn eigen wijze van onderzoek. De omstandigheden waaronder de proeven plaats hadden liepen zeer uiteen. Bijna steeds heeft men bij het onderzoek naar den invloed van één der factoren de andere, of althans sommige der andere verwaarloosd. ☒ Daardoor is het niet mogelijk uit de bovengenoemde onderzoekingen een juist oordeel te krijgen over den invloed van elk der factoren, ja er is tot dusver geen enkel onderzoek geweest waarbij men er ook maar naar trachtte de verschillende veranderlijke omstandigheden een bepaalde constante waarde te geven. ☒ Ook uit dit oogpunt kan een onderzoek, al is het dan naar slechts één der factoren¹⁾, waarbij wèl aan die voorwaarde voldaan is, nuttig zijn.

¹⁾ n.l. de lichtsterkte.

IV. HET EIGEN ONDERZOEK

INLEIDING

Het is gewenscht aan de beschrijving van het toestel dat voor het eigen onderzoek diende en aan de beschrijving van den gang en den uitslag van dat onderzoek, te laten voorafgaan een korte uiteenzetting van de overwegingen, die tot de samenstelling van het apparaat hebben geleid. Het toestel moest dienen om, bij verschillende personen, te meten de drempelwaarde van de lichtsterkte, noodig om de kleur te herkennen van aethertrillingen van verschillende golflengte, bij bepaalden gezichtshoek, belichtingstijd, contrast, adaptatietoestand en bij bepaalde pupilwijdte en blikrichting. Bij het onderzoek van één persoon moest dus met niet minder dan zeven veranderlijke factoren worden rekening gehouden. Hieruit volgde, dat het noodig was sommige van die factoren eens en vooral vast te stellen en van de andere het aantal variaties te beperken. Zoo werd een gezichtshoek van $1,2^\circ$ gebruikt. Afgaande op het onderzoek van Dieter¹⁾ die een staafjesloos gebied aantoonde van $1,5^\circ$, mag men aannemen, dat bij fixatie van 't centrum van dat veldje, de prikkel tot de fovea, dus tot de kegeltjes beperkt blijft. ☼ De middellijn van de kunstmatige pupil, werd op 3 m.M. bepaald, een waarde kleiner dan de kleinste pupil van een normaal individu onder de omstandigheden van de proef. ☼ Om een indruk te krijgen van den invloed van adaptatietoestand, belichtingstijd en contrast werd het voldoende geacht de proefnemingen zoo in te richten, dat van elk dezer omstandigheden op twee uiteenlopende waarden kon worden ingesteld. Voor de golflengte werd dit aantal op drie bepaald. Alle bepalingen werden verricht bij centrale fixatie. ☼ De apparatuur als geheel moest voldoen aan de in vele opzichten tegenstrijdige eischen van wetenschappelijke juistheid, practische hanteerbaarheid en constructieven eenvoud. In verband met de laatste eischen werd afgezien van het gebruik van spectraal licht. Hierbij gold nog de overweging, dat het voordeel van het gebruik van spectraal licht: de beperkte breedte van het golflengte-gebied, slechts een relatief niet een absoluut karakter draagt. En ook, dat men bij de beoordeeling van de breedte van dat gebied meten moet met physiologischen, niet met physischen maat. Daarom kan zonder bezwaar gebruik gemaakt

¹⁾ Dieter v. Graefe's Arch. 113 blz. 156.

worden van gekleurde glazen, mits slechts nauwkeurige kwalitatieve en kwantitatieve gegevens konden verkregen worden omtrent het doorgelaten golflengtegebied. Toen eenmaal vast stond, dat de drempelwaardebepalingen zouden geschieden voor drie golflengtegebieden, kwam het er op aan deze drie zoo gelijkmatig mogelijk over het zichtbare spectrum te verdeelen. ☒ De keuze viel dus op de beide uiteinden en het midden van het spectrum. De drie gekleurde glazen moesten zijn, respectievelijk „rood”, „violet” en „groen”. Uitdrukkelijk zij hier vermeld dat deze keuze niet geschiedde uit voorkeur voor eenige kleurenzinthorie.

Het zijn bovenstaande overwegingen die er toe leidden, dat de lantaarn van Donders het voorbeeld werd waarnaar het te gebruiken toestel werd ontworpen. ☒ Het apparaat is te karakteriseeren als een gemoderniseerde lantaarn van Donders. Deze vergelijking gaat niet heelemaal op: bij Donders kwam het aan op de gezichtshoek, hier was het om de lichtsterkte te doen. Dit neemt niet weg dat het gebruikte toestel in vele opzichten met Donders' lantaarn overeenkomst vertoont.

BESCHRIJVING VAN HET TOESTEL.

KORTE BESCHRIJVING

Het licht van een lantaarn, waarvan de lichtsterkte nauwkeurig te regelen is, valt door een gemakkelijk verwisselbaar, gekleurd glas op een matglas. Het oog van de proefpersoon kijkt op eenigen afstand in de richting van het matglas. Lantaarn en oog bevinden zich aan weerszijden van 't matglas. Voor het oog is aangebracht een moment-sluiters; dicht voor het matglas een diafragma met cirkelvormige opening. De omgeving van de diafragma opening kan desgewenscht verlicht worden. Bij geopenden moment-sluiters ziet de proefpersoon dus het centrum van het verlichte matglas als een gekleurd schijfje op duisterten of verlichten achtergrond.

UITVOERIGE BESCHRIJVING ¹⁾

DE LANTAARN

In een metalen kastje bevindt zich een peervormige wolfram-vacuümlamp, de as verticaal. Op ± 6 c.m. voor de lamp is een fijngeslepen matglas aangebracht, ongeveer 5×5 c.m. groot. Onmiddellijk voor het matglas is een dia-

¹⁾ Zie figuur bladzijde 79.

fragma van Aubert geplaatst, waarvan de opening door middel van een schroef geregeld en op een schaalverdeeling afgelezen kan worden. De schaalverdeeling loopt van 0—35 welke getallen aangeven de lengten in m.m. van de zijde van het vierkant, dat door de beide diafragmahelften omsloten wordt. De schaalverdeeling wordt slechts gebruikt tusschen de getallen 1 tot 30, waarmee het dus mogelijk is het lichtgevend oppervlak te varieeren van 1 tot 900 m.m.². Het metalen kastje is van binnen dofzwart. Het is voorzien van een ventilatie-inrichting en staat op een smalle, horizontale, dofzwarte plank van ruim 1 meter lengte op welke plank het naar willekeur verschoven kan worden. Om de door de lantaarn geleverde sterkte van belichting gemakkelijk in decimale maten te kunnen uitdrukken is bovengenoemde plank op drie plaatsen voorzien van merkteekens. Bevindt zich de lantaarn bij het eerste merkteeken, dan is de afstand tusschen het lichtuitstralend matglas van de lantaarn en het te verlichten voorwerp-matglas (zie boven) 10 c.m. Voor het tweede merkteeken is deze afstand $10 \sqrt{10} = 31,6$ c.m. en voor het derde $10 \sqrt{100} = 100$ c.m.

HET VOORWERP

Een vertikale metalen plaat van 50×50 c.m. is in het midden voorzien van een cirkelvormige opening waarin zich een fijngeslepen matglas bevindt. Tegen de metalen plaat is een schuif aangebracht, die drie gekleurde glazen bevat. Het zijn de nrs 70, 74 en 76 van de door Wratten in den handel gebrachte serie „monochromatische” filters. Deze firma verstrekt omtrent deze filters de bijzonderheden, die in tabel 1 zijn weergegeven. Het verwisselen van de filters door het bewegen van de schuif, geschiedt volkomen geruischloos zonder dat dus de proefpersoon hiervan iets bemerkt. Voor de metalen plaat bevindt zich óf een met wit óf een met dofzwart papier beplakt kartonnen schild, voorzien van een cirkelvormige opening van 7 m.m. middellijn. Het is deze, in de korte beschrijving reeds genoemde diafragma-opening, die dienst doet als lichtgevend voorwerp dat door de proefpersoon moet worden waargenomen.

HET OCULAIR

Op 30 cm. voor de genoemde metalen plaat bevindt zich een tweede metalen plaat, evenwijdig aan de eerste opgesteld en van dezelfde afmetingen, ook deze plaat heeft een cirkelvormige opening. Hierin is een korte, horizontale metalen cylinder bevestigd die den momentsluis draagt. De proefpersoon kijkt door een diafragma-opening van 3 mm. middellijn in den metalen cylinder in de richting van den momentsluis. Tusschen oog en sluis bevindt zich in den cylinder een dun glazen plaatje, geplaatst onder een hoek van 45° zóó, dat het licht van een er zich vertikaal boven bevindend lichtend punt naar voren, dat is in het oog van de proefpersoon, geworpen wordt. Het lichtend punt, het fixerpunt, is op een dusdanigen afstand van de as van den cylinder aangebracht dat het beeld ervan door de proefpersoon in het middelpunt van het eerder genoemde voorwerp-schijfje geprojecteerd wordt. Nog bevinden zich aan de achterzijde van de laatstgenoemde metalen plaat en drietal Argenta lampen¹⁾ van 50 watt. Zij verlichten desgewenscht de omgeving van de opening in het kartonnen schild en zijn om een gelijkmatige verlichting te verkrijgen gerangschikt in een gelijk-

¹⁾ In de figuur weggelaten.

zijdige driehoek om den oculair cylinder. De momentsluiser is van het fabrikaat „Compur” en laat, te oordeelen naar de er op voorkomende getallen een variatie in den belichtingstijd toe van 1 tot 0,005 seconde. Als bijkomstig instrumentarium dient nog beschreven te worden de z.g. adaptatiekast, het toestel dat mij in staat stelde bij de te onderzoeken personen een toestand van behoorlijke adaptatie aan licht te verkrijgen. Het voornaamste bestanddeel hiervan is een dof wit papier ter grootte van ongeveer 60×60 cm. dat door vier Argentalampen van 40 watt gelijkmatig wordt verlicht. De lampen zijn zoo aangebracht, dat hun directe licht het oog van de proefpersoon niet treffen kan. De verlichtingssterkte van het papier bedraagt ± 2000 lux gemeten met den photometer van Weber. De proefpersoon die zich adapteren moet krijgt de opdracht van 50 cm. afstand gedurende gewoonlijk 10 minuten naar het papier te kijken.

FOUTEN

Fouten kunnen en zullen voortvloeien uit onvolkomenheden van instrumentarium, onderzoeker en proefpersoon. Wat de fouten door het instrumentarium aangaat, het is betrekkelijk eenvoudig, te zorgen dat deze zekere grenzen niet te buiten gaan. Minder eenvoudig is dit bij de fouten, die voortkomen uit de persoonlijke handelingen en waarnemingen van onderzoeker en proefpersoon.

FOUTEN DOOR HET INSTRUMENTARIUM

De lichtbron. De metaaldraadlamp, die als lichtbron dienst deed, werd aangesloten op het stads wisselstroomnet. ☼ De lichtsterkte van deze lamp is afhankelijk van de temperatuur van de gloeidraad en dus van de stroomsterkte in deze draad. Deze stroomsterkte nu is niet constant, maar vertoont schommelingen die in twee soorten zijn te onderscheiden, nl. regelmatige en onregelmatige. De eerste zijn afhankelijk van de periode van den gebruikten wisselstroom, de tweede van toevallige schommelingen van de spanning van het stadsnet. De gebruikte wisselstroom is er een van 50 perioden per seconde. De temperatuurswisselingen zullen dus optreden in een frequentie van 100 per seconde. Aangezien de gloeidraad een zekeren tijd noodig heeft om af te koelen, welke tijd bij een vacuumlamp betrekkelijk lang is, zal de golflijn die het verloop van de temperatuur kan voorstellen, minima vertoonen, die nooit de O-lijn bereiken, de dalen van deze lijn zullen niet zeer diep, de bergen niet zeer hoog zijn, kortom de pulsaties van de temperatuur zullen slechts gering zijn, vergeleken bij de wisselingen van de stroomsterkte. Deze redeneering kan er evenwel niet toe leiden de beteekenis van de temperatuurschomme-

lingen te verwaarloozen, aangezien een geringe verandering van de temperatuur van den gloeidraad een groote verandering van de hoeveelheid uitgestraalde energie veroorzaakt, met het resultaat dus dat kleine temperatuurschommelingen groote lichtsterkteschommelingen teweegbrengen. ☼ Tengevolge van deze pulsaties van de lichtsterkte zullen fouten optreden, die bij zeer korte belichting (d.w.z. kort vergeleken bij de periode van den wisselstroom) belangrijk kunnen worden. Naarmate de belichting langer duurt, wordt de fout relatief kleiner. Het gebruik van wisselstroom stelt dus grenzen aan den duur van den belichtingstijd. Een eenvoudige overweging leert, dat bij een wisselstroom frequentie van 50 het raadzaam is den belichtingstijd niet korter te nemen dan $\frac{1}{100}$ secunde. ☼ Blijken dus de fouten veroorzaakt door de regelmatige schommelingen van den wisselstroom gemakkelijk te beperken, minder gemakkelijk is het de fouten te elimineeren, die voortvloeien uit de onregelmatige spanningsschommelingen van het stadsnet. Deze spanningsvariaties hebben de onaangename eigenschap geheel onverwacht op te treden en vaak slechts kort te duren. Is het oogenschijnlijk eenvoudig een constante stroomsterkte te krijgen met behulp van een regelbaren weerstand en een ampèremeter, bij nader inzien blijkt dat men hiermee vaak, zoo niet steeds, te laat komt. De eenige uitkomst in dezen is een zichzelf regelend mechanisme, dat al naar de behoefte, de in de keten aanwezigen weerstand automatisch vergroot of verkleint. ☼ Het was de welwillende en bij uitstek deskundige voorlichting van Dr. G. Holst die mij hier raad schafte en mij in de gelegenheid stelde een welbeproefd procédé toe te passen, waarmee het gewenschte doel op zeer eenvoudige wijze wordt bereikt. De toegepaste werkwijze berust op het verschijnsel, dat de soortelijke weerstand van kooldraad bij toenemende temperatuur daalt, terwijl die van metaaldraad onder deze omstandigheden stijgt. ☼ Kool- en ijzerdraadlampen, in bepaalde combinatie in een keten geplaatst, waarin ook de lichtbron is opgenomen, werken aldus als een automatische weerstand, die de ongewenschte stroomschommelingen in den gloeidraad van de lichtbron tot op 10% reduceert. De doeltreffende werking van deze automatische stroomregelaar werd mij in het gastvrije natuurkundige laboratorium van Philips' Gloeilampenfabrieken te Eindhoven op duidelijke wijze gedemonstreerd. Stellen wij de spanningsvariaties in het stadsnet op 10%, een schatting zeker aan den ruimen kant, dan blijft daarvan dus slechts 1% over. Aangezien een spanningsverandering van 1% bij een wolframlamp een verandering in de lichtsterkte geeft van

3,5%¹⁾), houdt men op deze wijze de fout binnen zeer redelijke grenzen. Met de mogelijkheid, dat de samenstelling van het licht der wolfram-lamp veranderde gedurende en tengevolge van het gebruik was rekening gehouden. ☒ De lamp had in de fabriek een „verouderingsproces” ondergaan, waardoor deze verandering, althans gedurende haar betrekkelijk korten gebruikstijd (± 150 uur), practisch tot nul was gereduceerd.

Het diafragma van Aubert.

Een verdere oorzaak van fouten was gelegen in het gebruik van een matglas achter het diafragma van Aubert. Dit door de lamp rechtstreeks en van dichtbij bestraalde matglas kan niet beschouwd worden als een lichtgevend oppervlak van gelijkmatige helderheid. Want in de eerste plaats is door dezen geringen afstand de belichting niet gelijkmatig, maar bovendien laat het matglas een deel van de lichtstralen rechtstreeks door. De sterkte van het door de lantaarn uitgestraalde licht is daardoor niet recht evenredig met de oppervlakte van de opening van het diafragma van Aubert. ☒ Het was dus noodig het diafragma te iijken. Hiermee werden meteen de fouten, gelegen in het mechanisme van het diafragma zelf, ge-elimineerd. Bij de ijking bleek, zooals te verwachten was, de lijn, die de betrekking voorstelt tusschen de getallen op de schaalverdeeling van het diafragma en de werkelijke lichtsterkte, af te wijken van de theoretische paraboolvorm, welke afwijking vooral belangrijk was voor de groote diafragma-openingen.

De filters.

Wat de gebruikte filters aangaat, na wat daarover eerder gezegd is, kan ik volstaan met de vermelding dat ik mij op het standpunt heb gesteld volgens hetwelk de procentueele samenstelling van het door een filter doorgelaten licht, onafhankelijk is van de belichtingsintensiteit.

FOUTEN DOOR DEN ONDERZOEKER

Uit den aard van het onderzoek volgt, dat waarnemingsfouten van den onderzoeker van weinig belang kunnen geacht worden. ☒ Ten overvloede kan ik mededeelen, dat alle bepalingen bij anderen door mij persoonlijk zijn verricht. De bepaling van mijn eigen drempelwaarden kon geschieden dank zij de hulp van Dr. C. Otto Roelofs.

¹⁾ Holst, Electriche Lichtbronnen en hare eigenschappen, blz. 66.

FOUTEN DOOR DEN ONDERZOCHE

Aangezien het heele onderzoek berust op de waarnemingen door den onderzochte zelf gedaan, mocht van te voren worden verwacht, dat hieruit belangrijke fouten zouden voortvloeien. Enkelen van mijn proefpersonen bleken over een rijke verbeelding te beschikken. Zóó rijk, dat het geluid van den afgaanden momentsluiser genoeg was om, bij volkomen afwezigheid van elk licht (het fixatielichtje uitgezonderd) de meest fantastische kleurvoorstellingen op te roepen. Dit waren echter uitzonderingsgevallen. ☒ De bepalingen bij deze personen gedaan, werden bij de bewerking van het cijfermateriaal buiten beschouwing gelaten. Echter ook bij minder verbeeldingrijke personen bleek het geluid van den momentsluiser soms suggestief te werken, daarom moesten de gewone bepalingen voortdurend worden afgewisseld met „blinde” bepalingen, teneinde de juistheid van de waarnemingen te kunnen beoordeelen. Alle onderzochten werden omtrent de werking van het toestel en omtrent de kleuren die zouden worden getoond, in het duister gelaten, terwijl de volgorde van de kleuren voortdurend werd afgewisseld. ☒ Verder rekende ik den uitslag van een bepaling slechts dan positief wanneer eenige (gewoonlijk vier) malen achtereen de proefpersoon dezelfde beschrijving van zijn gewaarwording gaf. Om tenslotte een indruk van de grootte der persoonlijke fouten te krijgen, heb ik eenige personen uitgekozen om herhaaldelijk te worden onderzocht. Dit geschiedde bij Dr. C. Otto Roelofs, bij onzen instrumentmakersleerling Karel en bij mijzelf. Bij Dr. Otto Roelofs en mijzelf werd geen rekening gehouden met een mogelijken invloed van den factor „oefening”. Bij den derden onderzochte heb ik getracht dezen invloed uit te schakelen, door steeds één bepaling per week te verrichten. ☒ Het resultaat van de bepalingen bij deze drie normale personen vindt men in de tabellen 2, 3 en 4. Men vindt in de eerste plaats voor elken onderzochte den uitslag van vijf bepalingen weergegeven in de volgorde waarin ze zijn verricht. ☒ Al deze bepalingen zijn gedaan bij donkeradaptatie en bij zwart contrast. De getallen in de verticale kolommen geven weer de *schijnbare drempels* voor „licht” en „kleur” (zie ook blz. 21) voor de drie gebruikte lichtsoorten (R, G en V) bij twee belichtingstijden „ $\frac{1}{5}$ ” en „ $\frac{1}{50}$ ”. Later zal het noodig zijn op deze tabellen uitvoeriger terug te komen, hier kan ik volstaan met te wijzen op het volgende. Onder aan de tabellen is in horizontale rijen onder G vermeld, de gemiddelde waarde van telkens 5 bepalingen, onder L,

de laagste en onder H de hoogste waarde, terwijl L/G en H/G de verhouding weergeven tusschen laagste en hoogste en het gemiddelde. ☼ Onder $G F \%$ vindt men de gemiddelde afwijking van G in $\%$ en onder $F 1 \%$ is vermeld hoeveel het getal der eerste bepaling van het gemiddelde afwijkt. Eindelijk is rechts onderaan de tabel onder T aangegeven het totaal van $G F \%$ en van $F 1 \%$ telkens voor 12 drempelsoorten. Wat zeggen ons deze tabellen? We zien in de eerste plaats, *dat, op verschillende oogenblikken gemeten, de drempels van één individu verschillende hoogten schijnen te hebben*. De verkregen getallen schommelen om een zeker gemiddelde. In hoeverre deze schommelingen berusten op wisseling in de gevoeligheid van het netvlies en in hoeverre zij afhankelijk zijn van gevoeligheidsschommelingen van het centrale orgaan is niet uit te maken. Waarschijnlijk is de laatste oorzaak van meer belang dan de eerste. Ik heb daarom deze schommelingen „fouten” genoemd. ☼ Deze fouten zijn bij de eene persoon grooter dan bij de andere. Merkwaardig is in dit verband, dat ze bij den ongeoeffenden instrumentmakersleerling het kleinst zijn. De hoogste waarde van de gemiddelde fout, uitgedrukt in percenten van het gemiddelde ($F G \%$) bedraagt bij Dr. Otto Roelofs 30% , de laagste 5% . Bij mijzelf zijn deze getallen 36 en 8% , bij Karel 17 en 6% . Hiermee hebben we een indruk gekregen van de fouten in 't algemeen. De eerste conclusie die we uit deze getallen kunnen trekken is, dat bij de onderzochte individuen de prikkel tot de fovea is beperkt gebleven, dat de betrokken personen dus, behoorlijk centraal hebben gefixeerd. ☼ Bij extrafoveale fixatie toch zouden, gegeven den toestand van donkeradaptatie, fouten zijn opgetreden van een geheel andere orde van grootte. Nu interesseert ons in de tweede plaats of en zoo ja in hoeverre de eerste bepaling van elke reeks van vijf een bijzondere plaats inneemt ten opzichte van de andere vier. Om dit uit te maken heb ik voor deze eerste bepalingen de afwijking van het gemiddelde berekend en uitgedrukt in percenten van het gemiddelde. Men vindt deze getallen op de horizontale rij aangeduid met $F 1 \%$. Onder T vindt men voor elk individu de som van de 12 voor hem verkregen getallen. Er blijkt *dat, in 't algemeen, de eerste bepaling minder van het gemiddelde afwijkt dan de andere bepalingen*. Bij Karel alleen is de som van de getallen $F 1 \%$ iets, maar zeer weinig, grooter dan de som van $G F \%$. Bij de andere proefpersonen is $F 1 \% < G F \%$ en is 't verschil vrij belangrijk. Het is van belang dit te constateeren, omdat bij alle overige proefpersonen de eerste bepaling tevens de eenige was. ☼ Hiermee kunnen

wij van deze tabellen voorloopig afscheid nemen. We kunnen de bespreking van de „Fouten” besluiten met vast te stellen, dat de fouten veroorzaakt door den onderzochte in grootte de fouten door andere oorzaken zeer waarschijnlijk belangrijk overschrijden. Daarmee is dus voldaan aan den eisch door Köllner¹⁾ voor een dergelijk onderzoek gesteld.

GANG VAN HET ONDERZOEK

HET EIGEN TOESTEL

Toen, na de eerste voorloopige proefnemingen, schematisch de gang van het onderzoek werd vastgesteld, bleek het noodzakelijk daarbij rekening te houden met het feit, dat stralen van sommige golflengte bij zwakke verlichting en korten belichtingstijd niet in dezelfde kleur worden waargenomen als waarin zij bij sterkere verlichting en langere tijd verschijnen, maar zich eerst voordoen als een grijsig schijnsel van moeilijk te beschrijven kleur. Het was dus noodig onderscheid te maken tusschen twee verschillende drempels, gemakshalve als „licht”- en „kleur”-drempel vermeld. Bij stralen, die dit reeds door Parinaud beschreven verschijnsel niet vertoonen vallen beide drempels samen. Charpentier heeft voorgesteld de verhouding tusschen beide drempels als „intervalle photochromatique” te betitelen. Van dit „photochromatisch interval” heb ik, zooals blijken zal, een dankbaar gebruik gemaakt. ☒ Vooraf moge worden opgemerkt, dat steeds van alle personen slechts één oog, gewoonlijk het rechter, werd onderzocht. De eerste drempelwaardebepalingen geschieden bij lichtadaptatie. Het bleek echter spoedig, dat het onderzoeken bij lichtadaptatie zeer tijdroovend en, voor de proefpersoon, vermoeiend was, waardoor tal van onzekere factoren den uitslag konden beïnvloeden. Deze methode van onderzoek heb ik daarom laten varen en de verdere bepalingen werden bij donkeradaptatie gedaan. De toestand van donkeradaptatie beantwoordt bovendien meer aan de omstandigheden waaronder in het practische leven van den kleurensin het meeste gevergd wordt. ☒ Volledigheidshalve zal ik echter ook, en wel eerst, den gang van het onderzoek bij lichtadaptatie beschrijven. De proefpersoon, die geacht wordt in een toestand van matige lichtadaptatie te verkeeren (de onderzoekingen geschieden steeds overdag) richt gedu-

¹⁾ Köllner: Die Störungen des Farbensinnes. Berlin 1912, blz. 172.

rende tien minuten den blik in de adaptatiekast. Hierna verkeert hij gedurende vijf seconden in het duister. De tijd werd daarbij aangegeven door een metronoom. Gedurende deze korte periode van duisternis heeft de proefpersoon gelegenheid het oculair en het fixatielichtje te zoeken. Op het eind van de 5^e secunde wordt de moment-sluiter afgedrukt. ☒ Onmiddellijk daarna kijkt de proefpersoon, die onderwijl beschrijft wat hij heeft waargenomen, weer in de adaptatiekast en wel gedurende een halve minuut. Daarna wordt op dezelfde wijze een tweede bepaling verricht en zoo vervolgens. Tusschen elke twee bepalingen krijgt dus de onderzochte gedurende een halve minuut gelegenheid zijn adaptatietoestand op peil te brengen. Aangezien de onderbrekingen van de lichtadaptatie op deze wijze ten hoogste zeven seconden bedragen mogen wij veilig aannemen dat de mogelijk in den adaptatietoestand opgetreden geringe verandering door de daaropvolgende halve minuut ruimschoots wordt gecompenseerd. ☒ De bepaling van „licht”- en „kleur”-drempel geschiedt op dezelfde wijze. De lichtdrempel wordt geacht te zijn bereikt als de proefpersoon eenige malen achter elkaar aangeeft de gewaardwording „licht” te krijgen, de kleurdrempel, als eenige malen achtereen de onderhavige kleur zonder aarzeling genoemd wordt. De onderzoeker dient er natuurlijk voor te zorgen dat bij de eerste bepaling het diafragma van Aubert zoover gesloten blijft, dat de prikkel de vermoedelijke drempelwaarde niet overschrijdt. Bij elke volgende bepaling wordt dan het diafragma iets verder geopend, tot de drempel is bereikt. Blijkt het, dat door vergrooting van de diafragmaopening alléén, de gewenschte verlichtingssterkte niet is te verkrijgen, dan wordt door verschuiving van de lantaarn op de loopplank de belichting eerst 10 maal, zoo noodig later 100 maal versterkt. ☒ Voor het onderzoek bij donkeradaptatie werd de proefpersoon gelegenheid gegeven zich aan de duisternis te adapteeren door een verblijf van 15 minuten in het donker. Voor een volledige adaptatie van het perifere gezichtsintuig is deze tijd natuurlijk veel te kort. Aangezien het echter hier om het centrale deel van het netvlies te doen was en het bekend is, dat de adaptatie daarvan veel minder ver gaat en in veel korter tijd is afgelopen, kan met vijftien minuten worden volstaan. Enkele voorafgaande proefnemingen leerden ten overvloede dat, uitgaande van de sterke lichtadaptatie die met de adaptatiekast verkregen werd, reeds na omstreeks vijf minuten bij foveale fixatie een drempelwaarde verkregen werd die zich door langer verblijf in het donker niet wijzigde. ☒ De bepaling der drempels bij donker-

adaptatie geschiedde verder zooals die bij lichtadaptatie beschreven is. Er kunnen hier alleen zonder eenige onderbreking vele waarnemingen achter elkaar gedaan worden, een omstandigheid die de nauwkeurigheid van de bepalingen zeer in de hand werkt. De proefpersoon behoefde verder het zwak zichtbaar fixatielichtje slechts ééns te zoeken en kan dit bovendien nog op zijn gemak doen, terwijl dit niet zoo eenvoudige werk bij de lichtadaptatie herhaaldelijk moest gebeuren, dóór de lichtadaptatie veel moeilijker was en binnen vijf seconden moest zijn verricht. ☼ De drempelwaarden werden in den regel bepaald bij twee verschillende belichtingstijden. Hiervoor viel de keuze op de instellingen van de Compursluiser aangegeven als „ $\frac{1}{5}$ ” en „ $\frac{1}{50}$ ”. Met deze getallen zijn de tijden ook in de tabellen vermeld. Bij ijking van den sluiser bleken, zooals trouwens verwacht kon worden, deze getallen niet met de ware belichtingstijden overeen te komen. *Deze ware tijden bedroegen respectievelijk 0,17 en 0,011 secunde.* Dáár, waar bij de onderzoekingen sprake is van simultaancontrast wordt bedoeld het contrast verkregen door het witte contrastpapier te verlichten met een sterkte van ± 1350 lux. ☼ De drempelwaarden worden weergegeven in getallen evenredig met de verlichtingssterkte van het voorwerp-matglas zooals die is wanneer de filters zijn weggeschoven. Wanneer de lantaarn zich op 1 meter afstand van het matglas bevond en de schaalverdeeling van het diafragma werd ingesteld op 4, dan werd als betrekkelijke verlichtingssterkte van het matglas aangenomen 16. Bij elke m.m. van de schaalverdeeling van het diafragma werd vervolgens de corresponderende relatieve verlichtingssterkte empirisch bepaald. Deze bepalingen geschieden wederom met den reeds eerder genoemden photometer van Weber. ☼ Zooals blijkt kan deze laatste varieeren tusschen 4 en 578. Aangezien door de verschuiving van de lantaarn zoo noodig nog een honderdvoudige versterking kan worden verkregen, kan de relatieve verlichtingssterkte willekeurig worden ingesteld op elke waarde tusschen 4 en 57800. Bleek een drempelwaarde nog hooger te liggen, dan was zij met het bestaande toestel niet meetbaar, wat in de tabellen werd aangegeven als: > 57800 . In absolute maat uitgedrukt bleek een relatieve verlichtingssterkte 4 overeen te komen met 0.011 lux, terwijl 57800 overeenkomt met 156 lux. ☼ Dit wat aangaat het onderzoek met de eigen methode. Alle individuen waarbij drempelwaardebepalingen waren verricht werden verder onderzocht met de pseudo-isochromatische platen van Stilling en met den anomaloscoop van Nagel. Geschiedde dit eenerzijds met de bedoeling bij de bepa-

lingen der normen individuen met een abnormalen kleurensin te kunnen uitsluiten, aan den anderen kant was het noodig de uitslag van het eigen onderzoek te toetsen aan een of meer bestaande methodes van onderzoek. ☒ Tevens werd besloten bij deze gelegenheid de bruikbaarheid na te gaan van één der door v. Hess ontworpen toestellen voor kleurensin-onderzoek waarvan het gebruik volgens den ontwerper boven den anomaloscoop vele voordeelen moet hebben.

DE PLATEN VAN STILLING

Het onderzoek met Stillings' pseudo-isochromatische platen werd verricht met de 14e uitgave van zijn atlas. De proefpersoon kreeg de platen te ontcijferen bij daglicht in een goed verlicht vertrek zonder zonneshijn. De platen bevonden zich op 60 c.m. afstand van zijn oog. Brekingsafwijkingen werden gecorrigeerd. De onderzochte keek met één oog, hetzelfde waarmee ook de andere onderzoekingen geschieden. Verder werd het onderzoek verricht volgens de aanwijzingen van Stilling.

DE ANOMALOSCOOP VAN NAGEL.

Het onderzoek met den anomaloscoop gebeurde in een donker vertrek, gewoonlijk slechts verlicht door de lamp die voor den anomaloscoop noodig is. Ik ging daarbij te werk overeenkomstig de door Nagel en Köllner aangegeven regels. Van elke proefpersoon werden vijf instellingen verlangd, soms bovendien nog een zesde z.g. „vrije” instelling. ☒ De vijf instellingen waren de volgende:

$$1e: \frac{88}{x} \quad 2e: \frac{x}{19} \quad 3e: \frac{49}{x} \quad 4e: \frac{70}{x} \quad 5e: \frac{0}{x}$$

De teller van de breuk geeft aan de instelling van de linker schroef van den anomaloscoop, de noemer die van de rechter. Zooals bekend verondersteld mag worden regelt men met de linker schroef het mengsel van Li-rood en Th-groen, waarbij 88 = rood en 0 = groen is, terwijl men met de rechter schroef de intensiteit regelt van het Na-geel waaraan het mengsel gelijkgemaakt moet worden. Voor de rechter schroef is bij 90 de maximale, bij 0 de minimale intensiteit van het gele licht bereikt.

HET TOESTEL VAN VON HESS

In het Archiv für Augenheilkunde, Band 86, jaar 1920, blz. 222 e.v. (Einfache Apparate zur Untersuchung des Farbensinnes und seiner

störungen) beschrijft v. Hess een aantal toestellen voor kleurenzinnonderzoek. Van één dezer toestellen, voor klinisch gebruik bestemd, was in de Oogheelkundige Kliniek een exemplaar aanwezig en het in gang zijnde onderzoek bood een geschikte gelegenheid zich omtrent de bruikbaarheid van het apparaat een oordeel te vormen. ☒ Van een beschrijving van het toestel zal ik hier afzien. Deze is op de bovenvermelde plaats uitvoerig te vinden. Het zij genoeg hier te vermelden, dat het zich van Nagels anomaloscoop hoofdzakelijk hierdoor onderscheidt, dat 1e geen spectraal licht gebruikt wordt, maar dat het werkt met filters en 2e niet *geel* wordt gebezigd als vergelijkings object voor het rood-groene mengsel maar *grijs*. Een derde, belangrijk verschilpunt is nog dat de uitslag van het onderzoek zich zeer moeilijk kwantitatief laat weergeven. Wat het gebruik van het toestel aangaat, elke proefpersoon onderging achtereenvolgens het onderzoek op „rood-groen blindheid” en op de „individuelle Verschiedenheiten des Farbensinnes” zooals deze in de genoemde publicatie door v. Hess zijn beschreven. ☒ Werd in den beginne getracht het resultaat van het onderzoek kwantitatief weer te geven, door de talrijke veranderlijke factoren bij het gebruik van Hess’ toestel bleek dit niet vol te houden.

UITSLAG VAN HET ONDERZOEK

Na wat is voorafgegaan zal het duidelijk zijn, dat de getallen, die met behulp van het toestel verkregen worden en die hierboven „drempelwaarden” werden genoemd, geenszins een zuivere uitdrukking zijn voor de gevoeligheid van de onderzochte personen voor de verschillende lichtsoorten. ☒ De verkregen getallen toch, zijn afhankelijk van de energieverdeeling in het spectrum van de lichtbron en bovendien van de gebruikte filters. Om getallen te verkrijgen die wel een zuivere maat zijn voor de gevoeligheid zou men de verkregen getallen moeten vermenigvuldigen met een constante afhankelijk van het filter voor de betrokken lichtsoort en van de energieverdeeling in het spectrum van het gebruikte wolframgloeilich;. Aangezien echter voor elke stralensoort steeds hetzelfde filter gebruikt werd en het heele onderzoek gedaan is met dezelfde constante lichtbron, mogen de „schijnbare” drempelwaarden wèl met elkaar *vergeleken* worden en zal men uit die vergelijking conclusies kunnen trekken omtrent verschillende eigenschappen van de „werkelijke drempels”. ☒ Het eerste dat te doen stond bij de bewerking van

het verkregen cijfermateriaal was *de berekening van normen*. Welke schijnbare drempels vertoonen individuen met een normale kleurenzin? Het is de beantwoording van deze vraag, die moet voorafgaan aan de beoordeeling van de schijnbare drempels bij personen met een gebrekkigen kleurenzin. Echter is deze vraag niet te beantwoorden zonder eerst vast te stellen welke van de onderzochte individuen geacht mogen worden over een normalen kleurenzin te beschikken. En dit uit te maken is juist één van de bedoelingen van het onderzoek. ☒ Het is duidelijk, dat men uit dezen vicieuze cirkel niet zal kunnen geraken zonder óf over een zeer groot aantal waarnemingen te beschikken, óf gebruik te maken van één of meer der bestaande methodes van onderzoek. ☒ Aangezien het eerste niet mogelijk was moest ik mijn toevlucht zoeken bij het tweede hulpmiddel. Als methodes van onderzoek werden uitgekozen de pseudo-isochromatische platen van Stilling en den anomaloscoop van Nagel, twee onderzoeksmethodes, die tòch noodig zouden zijn om daaraan den uitslag van het eigen onderzoek te toetsen.

De onderzochte individuen werden nu gesplitst in twee groepen. *Groep I* omvat de individuën, die met geen der beide andere methodes als abnormaal waren bevonden.

Groep II omvat de individuën, die met één, of met beide methodes van onderzoek als abnormaal waren gekenmerkt.

De eerste groep wordt gemakshalve, die der „normalen”, groep II die der „abnormalen” genoemd. ☒ Voor het onderzoek met Stillings' platen gold als abnormaal, wanneer een proefpersoon met een andere groep dan groep 9 eenige moeite had. Moeilijkheid bij het ontcijferen van groep 9 bleek zoo veelvuldig voor te komen, dat hieruit alléén stellig niet tot het „abnormaal” zijn van den kleurenzin mocht worden besloten. Bij Nagels anomaloscoop mocht een „normaal” te noemen individu alleen de 2^e instelling, voor te stellen door:

$X \left(\frac{Li}{Th} \right) = 19$ Na maken, waarbij X dan mocht varieeren van 57 tot 62. Bleek X grooter of kleiner te zijn, dan werd de onderzochte bij *Groep II* ingedeeld.

DE „NORMALEN”

De „normale” individuen zijn in tabel nr. 5 vereenigd. Men ziet daarin den uitslag van het onderzoek met *Stillings'* platen en den anomaloscoop. ☒ Wat Stilling betreft, zal men zien, dat alleen bij eenige

der eerste proefpersonen de moeilijkheid bij 't ontcijferen van groep 9 is vermeld. Toen deze groep voor bijna alle onderzochten moeilijkheden bleek op te leveren is dit niet steeds meer afzonderlijk vermeld.

Na de berekening der normen zal men kunnen nagaan, of de individuen van Groep I zoodanige onderlinge overeenkomst vertoonen, dat het inderdaad gerechtvaardigd is hun kleurenzin als van één soort, als werkelijk normaal te beschouwen, terwijl men daarna door vergelijking van de normen met de waarden van de individuen uit Groep II over de graad en soort hunner afwijking zal kunnen oordeelen.

Het bleek al spoedig wenschelijk de berekening der normen niet te beperken tot de absolute waarde der schijnbare drempels, maar, deze uit te breiden tot enkele op bepaalde wijze daarvan afgeleide grootheden, waarvan verwacht mocht worden, dat zij ons omtrent de functie van het kleurenzintuig inlichten. Als zoodanig kwam het eerst het photochromatisch interval in aanmerking. ☒ Om den invloed van den belichtingstijd na te gaan werd verder berekend de verhouding tusschen de schijnbare drempels bij den langen en die bij den korten belichtingstijd. Deze verhouding, verder aangeduid als „*tijdfactor*”, werd ook voor de normenberekening gebruikt. In verband met de opvattingen van v. Hess (zie blz. 61) was het verder van belang de verhouding van de drempels bij twee kleuren na te gaan. Hierbij berekende ik de verhouding van de schijnbare drempels voor Rood en voor Violet, ten opzichte van die voor Groen, welke laatsten als maatstaf voor vergelijking werden genomen omdat zij steeds lager waren dan de beide anderen. ☒ De berekening der normen is dus uitgevoerd voor vier categoriën van grootheden, nl.:

1. de absolute waarde der schijnbare drempels, en wel voor drie kleuren, telkens voor twee belichtingstijden;
 2. het photochromatisch interval, eveneens voor drie kleuren en twee belichtingstijden;
 3. de tijdfactor voor drie kleuren;
 4. de verhoudingen R/G en V/G elk voor twee belichtingstijden.
- Bij de berekening der normen ging ik in 't algemeen als volgt te werk: De getallen, om welker bewerking het te doen was, werden in een tabel vereenigd, waarna het hoogste en het laagste getal werden uitgezocht en het verschil tusschen deze twee bepaald werd.

Daarna werd het gebied tusschen laagste en hoogste waarde in een aantal, meestal vijf, gelijke deelen verdeeld en tenslotte werd het aantal individuen geteld in elk gebiedsdeel voorkomende. Gewoonlijk bleken dan in een dezer gebiedsdeelen een zeer groot aantal individuen voor te komen. ☒ Het midden van dit gebiedsdeel werd als de norm aangenomen. Waren de individuen vrijwel gelijkmatig over het heele gebied tusschen laagste en hoogste waarde verdeeld, dan werd eenvoudig het gemiddelde van alle waarden berekend en dit als norm aangenomen. Was het verschil tusschen laagste en hoogste waarde zeer groot, dan werd het gebied tusschenbeide verdeeld in strooken met constante verhouding (gewoonlijk 2) en overigens weer als boven beschreven het aantal individuen in elk der strooken geteld en het midden van de strook met de meeste individuen als norm aangenomen. De laatste methode is dus geometrisch in tegenstelling met de eerste, die arithmetrisch is. ☒ Als voorbeeld van deze wijze van werken is tabel no. 6 bedoeld. Hier is aangegeven hoe de verschillende normen voor R, G en V berekend werden, volgens de geometrische methode.

DE SCHIJNBARE DREMPELS

Tabel no. 7 geeft de schijnbare drempels der „normalen”, tabel no. 8 de hieruit berekende normen (N), de laagste en hoogste schijnbare drempels in „absolute” maat (L en H), en als functie van N (L/N en H/N). Tenslotte geeft deze tabel de „variatie-breedte” van deze 17 individuen, waaronder verstaan wordt de verhouding van de hoogste tot de laagste waarde (V_B). We zien hieruit:

1. dat de schijnbare drempels voor G steeds kleiner zijn dan die voor R en V;
2. dat voor R en V de licht en kleurdrempels bijna altijd samen vallen;
3. dat de drempels voor R en G betrekkelijk weinig, die voor V zeer sterk uiteenloopen.

Een merkwaardig verschijnsel is stellig het feit, dat de schijnbare drempels voor V zoo belangrijk varieeren. Wanneer we zien, dat personen die in 't dagelijksch leven in geen enkel opzicht aanleiding geven tot de veronderstelling, dat de functie van hun kleurenzin onderling aanmerkelijk verschilt, zulke, excessief groote verschillen in gevoeligheid vertoonen (een variatiebreedte van 20 à 40 is geen kleinigheid!) dan is de eerste indruk er een van onwaarschijnlijkheid. En onmiddellijk rijst de vraag of deze groote verschillen in gevoelig-

heid werkelijk bestaan, of het uiteenloopen dezer schijnbare drempels niet moet worden toegeschreven aan de methode van onderzoek, kortom of niet bij violet méér dan bij de andere stralensoorten, bizondere omstandigheden het maken van groote fouten in de hand werken. ☒ Bij de beantwoording van deze vraag moet worden toegegeven, dat er bij het violet inderdaad omstandigheden zijn, die de kans op fouten grooter maken dan bij de andere lichtsoorten. Het is toch bekend, dat door donker-adaptatie de gevoeligheid van het perifere netvlies sterk toeneemt en wel in 't bijzonder voor stralen van korte golflengte. Men kan zich dus voorstellen, dat door een vermindering van de aandacht, de proefpersoon nalaat streng centraal te fixeren en, ongelukkigerwijze op 't oogenblik van de belichting den blik zijwaarts laat dwalen waardoor het violette licht de periferie van 't netvlies treft en daardoor wordt waargenomen terwijl het voor foveale waarneming nog veel te zwak is. ☒ Teneinde echter deze oorzaak van fouten zooveel doenlijk weg te nemen werd den proefpersoon gedurende de drempelwaardebepalingen voor violet telkens op 't hart gedrukt „vooral goed naar 't lichtje (te) kijken”. Ik meen te mogen zeggen, dat het sterk uiteenloopen van de schijnbare drempels voor violet slechts voor een klein deel aan een fout in de methode van onderzoek mag worden toegeschreven, maar grootendeels berust op inderdaad bestaande individueele verschillen in den kleurenzin. Tot steun van deze bewering kan ik twee argumenten aanvoeren. In de eerste plaats, en 't is hier dat ik nog eens op de tabellen nrs. 2, 3 en 4 moet terugkomen, blijkt, dat ook bij de personen waar vijfmaal een bepaling werd gedaan duidelijk een belangrijk verschil in drempelwaarde te bestaan. ☒ Men vergelijke hiervoor de drempels van Dr. C. Otto Roelofs met die van mijzelf (bij „ $\frac{1}{50}$ ”). De drempels voor violet van Dr. Otto Roelofs varieeren van 3360 tot 4700 met een gemiddelde van 4282. Die van mij schommelen tusschen 1300 en 2490 met een gemiddelde van 1828. Niet alleen is dus het gemiddelde van den eerste ruim twee maal zoo hoog als dat van den tweede, ook tusschen de laagste waarde van Dr. Otto Roelofs en de hoogste van mijzelf (3360 en 2490) bestaat een niet onbelangrijk verschil, een verschil dat ongeveer tweemaal zoo groot is als de gemiddelde fout van diegene van ons beiden die de gróóste fout vertoont (n.l. ik zelf). Nog veel sterker vinden we dit verschijnsel bij $\frac{1}{5}$. Aan de conclusie valt niet te ontkomen : *er bestaat hier een belangrijk verschil in gevoeligheid voor violet bij twee „normale” personen.* Hetzelfde blijkt bij een vergelijking van Karel met Dr. Otto Roelofs.

Mijn tweede argument vind ik in het feit, dat de tijdfactor voor violet een veel geringer variatiebreedte vertoont. ☒ Dit immers bewijst, dat er tusschen de drempels bij korte en die bij lange belichting een bepaald verband bestaat, welk verband bij de verschillende individuen klaarblijkelijk van denzelfden aard is.

HET PHOTOCHROMATISCH INTERVAL

Uit de eerder gegeven definitie hiervan volgt, dat deze grootheid onafhankelijk is van de doorlaatbaarheid van de filters en van de energieverdeeling in het spectrum van de lichtbron. In tabel nr. 9 is van mijn „normalen” het photochromatisch interval verzameld. Tabel nr. 10 geeft de daaruit berekende normen, de laagste en hoogste waarden in absolute maat en als functie van de norm en eindelijk de variatiebreedte van deze individuen. We zien :

1. *Het photochromatisch interval voor R is bijna altijd gelijk 1.* Bij $\frac{1}{5}$ zijn hierop slechts twee uitzonderingen, n.l. nrs. 31 en 36; bij $\frac{1}{50}$ zijn er 4 getallen groter dan 1, n.l. nrs. 13, 24, 31 en 36.

2. *Het photochromatisch interval voor G is bijna altijd groter dan 1* Dit wil dus zeggen dat stralen van de golflengte 420—450 $\mu\mu$ niet als groen worden gezien als de lichtsterkte gering is. Het is de moeite waard te vermelden welke verschillende omschrijvingen de proefpersonen zooal geven van het vage lichtschijnsel dat dan optreedt. Ik vind vermeld: „grijs”, „chlorotisch”, „lichtblauw”, „blauwig-groen”, ja zelfs: „hemelsblauw” en „blauwachtig grijs als ’n wazige hemel”. Eigenaardig is, dat de gewaarwording blauw hierbij herhaaldelijk optreedt. Zooals men uit tabel nr. 1 gezien heeft, is het „groene” filter voor „blauwe” stralen volstrekt ondoorgankelijk.

3. Het photochromatisch interval voor V is bijna altijd gelijk 1.

4. De variatiebreedte is bij R het kleinst, bij V het grootst.

5. De invloed van den tijd op het photochromatisch interval laat zich als volgt omschrijven: bij R bestaat bij verkorting van den belichtingstijd een geringe neiging tot verhooging van het photochromatisch interval, bij G geeft verkorting van den belichtingstijd verlaging van het photochromatisch interval. ☒ Op dezen regel komen slechts drie uitzonderingsgevallen voor. In twee daarvan is het photochromatisch interval bij beide belichtingstijden 1 (proefpersoon nr. 18 en 41) in het derde is er een geringe verhooging bij den korten belichtingstijd (proefpersoon nr. 33). Bij V vinden we een geringe neiging tot verlaging.

Naar aanleiding van het onder 3 vermelde zij nog aangestipt dat von Hess¹⁾ langs geheel anderen weg tot dezelfde conclusie kwam. Hij vond n.l. dat, wanneer men een zeer zwak verlichte strook blauw papier ter breedte van 5 mM. beweegt langs donkeren achtergrond en beschouwt met aan donker geadapteerd stilstaand oog, „der „vordere, dunkelblaue Theil der blauen Streifenhälfte . . . im Grenz-„falle von dem dunklen Grunde kaum oder gar nicht mehr unter-„schieden werden (kann).” ☒ Er is dus een geleidelijke overgang van het zeer donkere blauw in het duister van den achtergrond. Een volkomen hiermee overeenkomende gewaarwording krijgt de proefpersoon, die met het door mij gebruikte toestel de zichtbaarheidsdrempel van het violet overschrijdt. Violet komt, evenals rood, bij bijna elke normale „gekleurd over den drempel”. Toch is er in de wijze waarop beide kleuren over de drempel komen verschil, al laat zich dit niet zoo gemakkelijk in cijfers uitdrukken. Wanneer we bij een bepaalde belichtingstijd, bv. $\frac{1}{50}$ het gedrag van R en V vergelijken, dan blijkt, dat wanneer bij R de drempelwaarde juist bereikt is. de normale proefpersoon deze kleur wel duidelijk als zoodanig herkent, maar hem minder verzadigd waarneemt, dan wanneer de lichtsterkte iets grooter wordt. ☒ Bij R neemt, na het passeeren van de drempelwaarde bij stijgende lichtsterkte de verzadiging toe. In dit opzicht gedraagt R zich evenals G en het verschil in gedrag van deze beide kleuren is slechts gradueel. Bij V echter is de verzadiging juist bij de drempelwaarde het grootst en deze neemt bij verder stijgende lichtsterkte af.

DE TIJDFACTOR

Omtrent den invloed van den belichtingstijd op de grootte der schijnbare drempels geven tabellen nrs. 11 en 12 opheldering. Het blijkt dat deze invloed voor alle kleuren ten naastenbij even groot is. Alle L-drempels worden door de verkorting van den tijd onder de omstandigheden, waaronder deze proeven genomen werden, 4 à 5 $\times$ verhoogd. Hetzelfde geldt voor de K-drempels. Alleen die voor G wordt duidelijk minder sterk verhoogd, n.l. slechts driemaal. Wat de variatiebreedte aangaat, zien we ook hier weer 't verschijnsel dat de getallen voor R 't minst, die voor V 't meest uiteenloopen. ☒ Toch blijft de variatiebreedte van den tijdfactor voor V belangrijk beneden die

¹⁾ C. v. Hess. Untersuchungen über den Erregungsvorgang im Sehorgan bei kurz und bei länger dauernde Reize, Pflügers Arch., Bnd 101 (1904) blz. 240.

voor de absolute waarde der schijnbare drempels. De hieruit getrokken conclusie is reeds boven vermeld (zie blz. 30).

DE VERHOUDINGEN R/G EN G/V

Tabel 13 geeft de waarde van deze verhoudingen. Tabel nr. 14 weer de berekende normen met de laagste en hoogste waarde en de variatiebreedte. ☒ We kunnen hieruit concluderen:

1. de verhouding R/G is zoowel voor L- als voor K-drempels tamelijk constant;
2. de verhouding V/G varieert vooral zoowel voor L- als voor K-drempels sterk;
3. de beide verhoudingen zijn voor de L-drempels steeds grooter dan voor de K-drempels. ☒ De invloed van den belichtingstijd demonstreert zich bij de K-drempels voor rood op vrij constante wijze. Deze invloed is n.l. dat door verkorting der bel. tijd de verhouding R/G grooter wordt. We zien dit niet alleen uit de normen, maar ook wanneer we geval voor geval nagaan blijkt het verschijnsel vrij regelmatig voor te komen, n.l. in 13 van de 17 gevallen. In twee gevallen verandert de verhouding niet (nrs. 6 en 16). In twee gevallen neemt de grootte der verhouding af (23 en 42). ☒ We zouden kunnen zeggen dat door verkorting van den belichtingstijd een „relatieve groenzichtigheid”¹⁾ ontstaat. Voor de verhouding der L-drempels is een dergelijke regelmatigheid niet te vinden. Wat de waarden voor V aangaat, wanneer bij slechts 17 individuen een variatiebreedte blijkt te bestaan van 12—40, dan kan aan de normen slechts de betekenis worden toegekend van die van een „orde van grootte”.

HET CONTRAST

Teneinde de invloed van het contrast na te gaan werden bij donkeradaptatie de drempels bepaald nadat de omgeving van 't lichtgevend voorwerp was verlicht op de manier zooals dat boven is beschreven. Het bleek weldra onder deze omstandigheden voor de proefpersonen zoo moeilijk een waarneming te verrichten dat aan de aldus verkregen getallen niet veel waarde mocht worden gehecht. Bovendien bracht deze methode van werken het groote inconvenient met zich dat na elke bepaling de donkeradaptatie van de proefpersoon, tengevolge van het verlichte contrastveld was verstoord. Dit bracht mij er toe van verdere contrastproeven bij donkeradaptatie af te

¹⁾ Vergelijk de opvattingen van von Hess, blz. 63.

zien. ☼ Om evenwel toch eenig inzicht te krijgen in de werking van het contrast ten opzichte van de drempelwaarden besloot ik, het door mij bij de voorloopige proefnemingen verzamelde cijfermateriaal van bepalingen bij *lichtadaptatie* hiervoor te gebruiken. Wel is waar was het aantal aldus onderzochte „normalen” gering, maar het bleek toch mogelijk uit deze cijfers althans een ruwen indruk te krijgen. In tabel nr. 15 vindt men de absolute waarde van de schijnbare drempels bij lichtadaptatie en zwart contrast van negen „normalen”. Tabel nr. 16 geeft de daaruit berekende normen. Deze laatsten mogen, gezien het geringe aantal onderzochte individuen en de groote individuele verschillen, niet anders worden opgevat dan aan te geven de „orde van grootte” van de bijbehorende drempels. Tabellen nr. 17 en 18 geven hetzelfde bij wit contrast. In tabel 19 en 20 vinden wij den „contrastfactor” van deze proefpersonen, waaronder verstaan wordt de verhouding der drempels bij wit tot die bij zwart contrast. ☼ Vóór de conclusies onder woorden te brengen waartoe de beschouwing van deze tabellen aanleiding geeft, wil ik nog wijzen op een eigenaardig effect dat bij verschillende proefpersonen optrad. Het kwam n.l. herhaaldelijk voor, dat bij wit contrast de omgeving van het fixatielichtje gedurende de belichting als „roodachtig” werd beschreven zonder dat dan op die plaats „objectief” licht aanwezig was. Bij deze personen kon natuurlijk geen sprake zijn van het bepalen van een drempelwaarde voor Rood. Zooals men uit tabel 17 kan zien deed dit verschijnsel zich bij $\frac{1}{5}$ in 5, bij $\frac{1}{50}$ in 3 van de negen gevallen voor. ☼ Deze invloed van het contrast is dus, zooals verwacht kon worden, bij lange belichting sterker dan bij korte. Wat de invloed van den adaptatietoestand aangaat, leeren de tabellen dat, de individuele verschillen bij lichtadaptatie grootter zijn dan bij donkeradaptatie.

Omtrent den invloed van het contrast komen we tot de volgende conclusies:

1. de individuele verschillen bij wit zijn grootter dan bij zwart contrast.
2. het photochromatisch interval voor Groen, wordt bij wit contrast tot 1 gereduceerd.
3. de drempels voor Groen worden door 't contrast sterker beïnvloed dan die voor Rood en Violet.
4. de contrastfactor vertoont zeer groote individuele verschillen.

De groote individuele verschillen verhinderen van het contrast gebruik te maken om de diagnostiek te verfijnen.

DE „ABNORMALEN” ¹⁾

Werd hierboven de kleurensin der „normalen” beoordeeld naar de grootte van voor elk individu telkens 32 getallen, om praktische redenen was het gewenscht het aantal criteria bij de beoordeeling der abnormalen te beperken. ☒ Uit de 32 criteria werden daartoe die gekozen, die bij de „normalen” het minst varieerden in waarde, d. i. die de geringste „variatiebreedte” vertoonden en die bovendien bij voorkeur zoo mogelijk wiskundig onafhankelijk van elkaar moesten zijn. De keuze viel aldus op:

1. de absolute waarde der schijnbare lichtdrempels bij $\frac{1}{50}$ voor Rood, Groen en Violet;
2. het photochromatisch interval bij $\frac{1}{50}$ voor Rood, Groen en Violet;
3. de tijdfactor van licht- en kleurdrempels voor Rood, Groen en Violet;
4. de verhoudingen: R/G en V/G bij $\frac{1}{50}$ van de schijnbare licht- en kleurdrempels.

Samen voor elk individu dus $3 + 3 + 6 + 4 = 16$ getallen. Om de beoordeeling gemakkelijk te maken zijn deze grootheden uitgedrukt in de „Norm” als eenheid en in één tabel vereenigd (tabel nr. 30). Tevens geeft deze tabel de hoogste en laagste bij de „normalen” gevonden waarde, eveneens in de „Norm” uitgedrukt. ☒ We zullen nu achtereenvolgens de „abnormale” individuen nagaan en daarbij telkens beginnen met aan te geven waarom de betrokken proefpersoon in de rubriek der „abnormalen” is geplaatst, hoe de diagnose luidt volgens de terminologie van v. Kries voor zoover het dichromaten, van Nagel voor zoover het anormale trichromaten aangaat en ten slotte of en zoo ja in welk opzicht, het betrokken individu ook met de methode der drempelmeting van het „normale” blijkt af te wijken. Even vooruitlopende op den uitslag van het onderzoek kan ik mededeelen, dat meestal volstaan kon worden met de in tabel no. 30 vermelde 16 criteria. Slechts een enkele maal bleek het gewenscht ook nog één van de overige 16 ter vergelijking te hulp te roepen. Bij het stellen der diagnose met den anomaloscoop ben ik te werk gegaan volgens de gebruiksaanwijzing die Prof. Nagel bij het instrument gegeven heeft (Zeitschr. f. Augenheilk, Bd. XVII H₃). Bij Stilling gebruikte ik voor dat doel de gebruiksaanwijzing zooals die vermeld is in de 14^e druk van de pseudo-isochromatische platen. Bij 't gebruik van deze platen ben ik in één opzicht van de voorschriften afgeweken. Ik

¹⁾ Zie voor de volledige gegevens der „abnormalen” de tabellen: 21 tot en met 29.

plaatste om redenen van practischen aard de te onderzoeken persoon op 60 cM. afstand van de platen in plaats van op een afstand van 3 à 4 M. Het lezen van de platen wordt hierdoor vergemakkelijkt, vooral doordat dan het extra-foveale deel van 't netvlies bij de kleur-perceptie kan meewerken. ☒ Deze vereenvoudiging in 't onderzoek is echter vermoedelijk de oorzaak van het feit, dat enkele onderzochte personen met den anomaloscoop als „abnormaal” werden gekenmerkt, terwijl ze met Stillings platen geen fouten maakten.

Bij het weergeven van den uitslag van het onderzoek met den anomaloscoop zal ik gebruik maken van de bij de studie der „kleuren-menging” veelvuldig toegepaste symbolische voorstellingen en beeld-spraak aan de wiskunde ontleend. Het mengsel van Lithium-„rood” ($670 \mu \mu$) en Thallium-„groen” ($535 \mu \mu$) wordt daarbij aangeduid als: $\left(\frac{\text{Li}}{\text{Th}}\right)$ het Natrium-„geel” ($589 \mu \mu$) als: Na. De getallen aan deze symbolen voorafgaand zijn ontleend aan de schaalverdeling op de linker en rechter instelschroef van den anomaloscoop. Wat het onderzoek met Stillings platen aangaat, vermeld ik alleen de groepen die *niet* ontcijferd werden. Bij de drempelmeting worden alleen die getallen besproken, die min of meer belangrijk van de norm afwijken.

PROEFPERSOON Nr. 10, 26 jaar, verpleegster.

ANOMALOSCOOP

De vergelijkingen (1) (3) (4) en (5) worden niet opgelost.

In (2): $y \left(\frac{\text{Li}}{\text{Th}}\right) = 19 \text{ Na}$ is $y = 59 \text{ à } 61$.

Als bijzonderheid vind ik bij het onderzoek vermeld: „Bij vergelijking „(2) en toevoeging van geringe hoeveelheden „rood” aan 't mengsel, „noemt de proefpersoon de andere, dus gele, helft van 't gezichtsveld: „groen””. Dit wijst op wat Guttmann noemt: verhoogd contrast.

STILLING

Niet gelezen wordt Groep 9. De proefpersoon heeft moeite met Groep 8.

DIAGNOSE

Volgens anamaloscoop: *normaal*, volgens Stilling: *niet normaal*. Het niet lezen van Groep 9 wijst, indien ook Groep 10 niet ontcijferd wordt, op wat Stilling noemt: „blauwgeelblindheid met verminderde lichtgevoeligheid”. Maar onze proefpersoon leest Groep 10 zonder

moeite, „blauwgeelblindheid met verminderde lichtgevoeligheid” is hier dus niet aanwezig.

DREPELMEETING:

De lichtdrempel voor violet is vrij hoog. Het photochromatisch interval voor Rood is eveneens vrij hoog. Dat voor Groen is 2 maal zoo hoog als de norm, terwijl de hoogste waarde bij „normalen” gevonden slechts 1,3 maal de norm bedroeg. ☒ De verhouding R/G is voor de lichtdrempels iets te hoog, voor de kleurdrempels normaal. De tijd-factor voor Groen lichtdrempel is tamelijk laag.

SAMENVATTING:

Normale anomaloscoopinstelling. Kleine fouten met Stilling. De drempelmeting toont aan: Verminderde kleurgevoeligheid voor Groen, bij normale lichtgevoeligheid.

PROEFPERSOON nr. 19 ± 25 jaar, verpleegster.

ANOMALOSCOOP:

Vergelijkingen (1) (3) (4) en (5) worden niet opgelost.

In (2) : $y \left(\frac{Li}{Th} \right) = 19$ Na is $y = 54 \text{ á } 62$.

Als bizondere notitie lees ik: „De instelling 54 wordt met groote „hardnekkigheid als juist aangegeven, evenals die bij 62 en de er „tusschen liggende waarden”.

STILLING:

geen afwijking.

DIAGNOSE:

volgens de anomaloscoop: lichte deuteranomalie.

DREPELMEETING:

geen afwijking.

SAMENVATTING:

Een individu volgens den anomaloscoop behept met deuteranomalie, maakt met Stilling geen fouten en heeft normale drempelwaarden.

PROEFPERSOON nr. 22 $\pm$ 28 jaar, student.

ANOMALOSCOOP:

Vergelijking (4) wordt niet opgelost.

$$\text{In (1): } 88 \left(\frac{\text{Li}}{\text{Th}} \right) = x \text{ Na is } x = 15$$

$$\text{in (2): } y \left(\frac{\text{Li}}{\text{Th}} \right) = 19 \text{ Na is } y = 55$$

$$\text{in (3): } 49 \left(\frac{\text{Li}}{\text{Th}} \right) = z \text{ Na is } z = 23$$

$$\text{in (5): } 0 \left(\frac{\text{Li}}{\text{Th}} \right) = q \text{ Na is } q = 41$$

STILLING:

Niet gelezen worden de Groepen: 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8 en 9.

DIAGNOSE:

volgens anomaloscoop en Stilling beide deuteranopie.

DREMPELMETING:

Het photochromatisch interval voor Rood is iets te hoog, dat voor Groen veel te hoog, n.l. $22 \times$ de „norm” tegen 1.3 als maximum bij de „normalen”. De tijdfactor voor de Groen-lichtdrempel is tamelijk laag, die voor de Groen-kleurdrempel tamelijk hoog. Beide afwijkingen zijn echter niet zeer belangrijk. De verhouding R/G is voor de kleurdrempels zeer klein, n.l. 0.1, terwijl 0.6 de laagste waarde is die bij „normalen” gevonden werd.

SAMENVATTING:

Volgens anomaloscoop en Stilling: *deuteranopie*. Volgens drempelmeting: Voor groen normale lichtgevoeligheid met belangrijke vermindering der kleurgevoeligheid. Voor rood een soortgelijke toestand, kwantitatief evenwel in tienmaal geringer graad. Daardoor de verhouding R/G veel te klein.

PROEFPERSOON Nr. 25, $\pm$ 45 jaar, onderwijzer.

ANOMALOSCOOP:

Vergelijkingen (4) en (5) worden niet opgelost.

$$\text{In (1): } 88 \left(\frac{\text{Li}}{\text{Th}} \right) = x \text{ Na is } x = 16.$$

$$\text{In (2): } x \left(\frac{\text{Li}}{\text{Th}} \right) = 19 \text{ Na is } y = 54 \text{ à } 62.$$

$$\text{In (3): } 49 \left(\frac{\text{Li}}{\text{Th}} \right) = z \text{ Na is } z = 21$$

Bij 't onderzoek wordt vermeld: „De instellingen zijn in 't algemeen „onzeker, wisselend. Bij (1) vooral twijfelt pat. of de gelijkheid vol- „komen is, maar hij meent tenslotte dat dit wel het geval is.”

STILLING:

Groepen 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 en 8 worden niet gelezen. Pat. heeft moeite met groep 9.

DIAGNOSE:

Volgens Anomaloscoop: *deuteranopie*. Volgens Stilling is de zaak minder eenvoudig. De diagnose deuteranopie lijkt 't waarschijnlijkst. Maar de deuteranoop behoort Groep 3 te lezen. Alleen de protanopen lezen deze groep niet. Maar een protanoop leest groep 1 en onze proefpersoon leest groep 1 niet. We moeten dus besluiten tot: *deuteranopie met protanope eigenschappen*.

DREPELMETING:

De lichtdrempel voor Groen is iets hoger dan normaal. Het photochromatisch interval voor Rood is veel te hoog, n.l. 9 maal de norm tegen 1.6 als maximale waarde bij de normalen. Het photochromatisch interval voor Groen is ook te hoog maar de afwijking is hier geringer. Tijdfactor voor Rood-licht te laag, voor Rood-kleur te hoog, voor Groen-kleur te laag. De verhouding R/G is voor de lichtdrempels tamelijk laag, voor de kleurdrempels vrij hoog.

SAMENVATTING:

Volgens anomaloscoop: *deuteranopie*. Volgens Stilling: *deuteranopie met protanomalie*? Volgens drempelmeting: Voor rood sterke vermindering van de kleurgevoeligheid bij normale lichtgevoeligheid. Voor groen bijna normale lichtgevoeligheid met verlaging der kleurgevoeligheid. Deze afwijking is echter klein vergeleken bij die voor Rood. Daardoor abnormaal hoge verhouding R/G voor de kleurdrempels.

PROEFPERSOON Nr. 26, 36 jaar verpleegster.

ANOMALOSCOOP:

Vergelijkingen (1), (3), (4) en (5) worden niet opgelost.

In (2): $y \left(\frac{\text{Li}}{\text{Th}} \right) = 19$ Na is $y = 56 \text{ à } 59$

STILLING:

eenige moeite met groepen 6, 8 en 9.

DIAGNOSE :

volgens anomaloscoop: lichte graad van deuteranomalie. Met Stilling alleen is hier geen diagnose te maken, men moet echter in dit geval stelling van een pathologischen kleurensin spreken.

DREMPELMETING :

Het photochromatisch interval voor Groen is iets te groot, evenals de tijdfactor voor Rood, voor zoowel de licht als de kleurdrempel.

SAMENVATTING :

Volgens anomaloscoop *deuteranomalie*. Volgens stilling *twijfelachtig echter zeker abnormal*. Volgens drempelmeting; geringe vermindering der kleurgevoeligheid voor groen, met normale lichtgevoeligheid. Verhouding R/G voor de kleurdrempels normaal.

PROEFPERSOON Nr. 27, 31 jaar tramconducteur.

$$\text{In (1) } 88 \left(\frac{\text{Li}}{\text{Th}} \right) = x \text{ Na is } x = 44$$

$$\text{In (2) } y \left(\frac{\text{Li}}{\text{Th}} \right) = 19 \text{ Na is } y = 70 \text{ à } 88$$

$$\text{In (3) } 49 \left(\frac{\text{Li}}{\text{Th}} \right) = z \text{ Na is } z = 22$$

$$\text{In (4) } 70 \left(\frac{\text{Li}}{\text{Th}} \right) = p \text{ Na is } p = 23$$

$$\text{In (5) } 0 \left(\frac{\text{Li}}{\text{Th}} \right) = q \text{ Na is } q = 58$$

STILLING :

Niet gelezen worden de groepen: 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8 en 9.

DIAGNOSE :

Volgens anomaloscoop en Stilling: deuteranopie (vergelijkingen (2) en (4) zijn op zich zelf typisch voor protanomalie).

DREMPELMETING :

De lichtdrempel voor Rood is vrij wat te hoog, die voor Groen is aan den hoogen kant. Het photochromatisch interval voor Groen is onmeetbaar hoog, dus hooger dan $464 \times$ de norm. De tijdfactor voor Rood is voor licht en kleurdrempels iets te hoog, voor Groen is die voor de lichtdrempels aan den lagen kant, die voor de kleurdrempels niet te berekenen. De verhouding R/G voor de lichtdrempels is te hoog, voor de kleurdrempel niet te berekenen, echter zéér klein, dus

kleiner dan 0.005. ☒ Bij den gedetailleerden uitslag van de drempelwaarde bepaling vind ik vermeld: „nr. 27 noemt Groen bijna steeds: „,,rood” echter Rood nooit: „Groen””. Verder blijkt, uit tabel nr. 25 dat het photochromatisch interval voor Groen niet alleen bij $\frac{1}{50}$ onmeetbaar groot is (dus grooter dan $464 \times$ de norm) maar dat het ook bij $\frac{1}{5}$ niet te meten is, dus grooter is dan $1257 \times$ de norm. Ik vermeld dit omdat de tijdfactor voor Groen niet te berekenen is. Uit het bovenstaande blijkt dus verlenging van den belichtingstijd (binnen de grenzen van onze proefneming) blijkbaar geen verbetering van de kleurperceptie ten gevolge te hebben.

SAMENVATTING:

Volgens anomaloscoop: *deutanopie* (er worden twee vergelijkingen gemaakt die ook den protanomaal bevredigen). Volgens Stilling: *deutanopie*. Met drempelmeting: zeer sterke (totale?) vermindering der kleurgevoeligheid voor Groen met bijna normale lichtgevoeligheid. Duidelijke vermindering der lichtgevoeligheid voor Rood. (Deze vermindering is echter slechts ten hoogste een honderdste van de vermindering der kleurgevoeligheid voor Groen) met overeenkomstige vermindering der kleurgevoeligheid. De verhouding R/G der kleurdrempels is uiterst klein.

PROEFPERSOON Nr. 28, 41 jaar, tramconducteur.

ANOMALOSCOOP.

Vergelijkingen (1) en (4) worden niet opgelost:

$$\text{In (2): } y \left(\frac{\text{Li}}{\text{Th}} \right) = 19 \text{ Na is } y = 62 \text{ à } 64$$

$$\text{in (3): } 49 \left(\frac{\text{Li}}{\text{Th}} \right) = z \text{ Na is } z = 26 \text{ à } 30$$

$$\text{in (5): } 0 \left(\frac{\text{Li}}{\text{Th}} \right) = q \text{ Na is } q = 72 \text{ à } 75$$

STILLING:

Groepen 1, 3, 4, 5, 6, 7 en 8 worden niet gelezen.

DIAGNOSE:

Volgens anomaloscoop: protanopie, instelling (2) wordt ook gemaakt door den protanomaal, instelling (3) door den deutanomaal. Volgens Stilling: protanopie, abnormaal is alleen dat patiënt Groep 1 niet leest.

DREMPELMETING:

De lichtdrempel voor Rood is zeer hoog, n.l. $10 \times$ de norm, die voor Groen is aan den hoogen kant. Het photochromatisch interval voor Rood is te hoog, n.l. $2,6 \times$ de norm (maximale waarde bij de normalen was: 1.6).

De tijdfactor voor Rood-kleurdrempels is iets te hoog. De verhouding R/G is voor de lichtdrempels $6 \times$ voor de kleurdrempels $16 \times$ zoo hoog als de norm.

SAMENVATTING:

Volgens anomaloscoop en Stilling: *protanopie*. Volgens drempel-meting: Sterke vermindering van de lichtgevoeligheid voor Rood met nog iets sterkere vermindering der kleurgevoeligheid. Lichtgevoeligheid voor Groen iets lager dan normaal. Overeenkomstige vermindering der kleurgevoeligheid. De verhouding der kleurdrempels R/G veel te hoog.

PROEFPERSOON Nr. 29, 33 jaar, tramconducteur.

ANOMALOSCOOP

Vergelijking (1), (3), (4) en (5) worden niet opgelost.

In (2): $y \left(\frac{Li}{Th} \right) = 19$ Na is $y = 25$ à 35 .

Voor de vrije vergelijking: $\alpha \left(\frac{Li}{Th} \right) = \beta$ Na is $\alpha = 34$ $\beta = 19$.

STILLING

Groepen 1, 4, 5, 6 en 8 worden niet gelezen. Pat. heeft eenige moeite met Groepen 2, 7 en 9.

DIAGNOSE

Volgens anomaloscoop: deuteranomalie. Volgens Stilling is de afwijking niet nauwkeurig te diagnostiseeren. Pat. is zeker geen deuteranoop, want hij leest behalve Gr. 3 en 10 ook Gr. 2, 7 en 9, zij 't met moeite. Hij is zeker geen protanoop, want hij leest groepen 3 en 7 wel, daarentegen Gr. 1 niet. Ook de diagnose „blauwgeel-blindheid” is met het resultaat niet in overeenstemming.

DREMPELMETING

Het photochromatisch interval voor Groen is te hoog, deze afwijking is vrij belangrijk. Het photochromatisch interval is n.l. $4 \times$ de Norm, tegen maximaal 1,3 bij de normalen. De tijdfactor voor Rood-lichtdrempels is aan den hoogen kant, die voor de kleurdrempels is iets

te hoog. De tijdfactor voor Groen-kleurdrempels is veel te hoog, n.l. $5 \times$ de Norm tegen 2,3 als maximum bij de normalen. De verhouding R/G is voor de kleurdrempels te klein.

SAMENVATTING

Volgens anomaloscoop: deuteranomalie. Volgens Stilling: twijfelachtig. Volgens drempelmeting: vrij belangrijke vermindering der kleurgevoeligheid voor Groen bij normale lichtgevoeligheid. Voor de kleurdrempels is de verhouding R/G te klein.

PROEFPERSOON nr. 30: ± 30 jaar, student.

ANOMALOSCOOP:

Vergelijkingen: (1), (4) en (5) worden niet opgelost.

$$\text{In (2) } y \left(\frac{\text{Li}}{\text{Th}} \right) = 19 \text{ Na is } y = 56$$

$$\text{in (3) } 49 \left(\frac{\text{Li}}{\text{Th}} \right) = z \text{ Na is } z = 10$$

STILLING:

leest alle groepen.

DIAGNOSE:

Volgens anomaloscoop: deuteranomalie, volgens Stilling: normaal.

DREMPELMETING:

De lichtdrempel voor Groen is aan den hoogen kant. Het photochromatisch interval voor Groen is vrij wat te hoog, n.l. $3 \times$ de Norm tegen 1.3 als maximum bij de normalen. De tijdfactor voor den kleurdrempel van Groen is iets te hoog. De verhouding R/G van de kleurdrempels is te klein.

SAMENVATTING:

Volgens anomaloscoop *deuteranomalie*, volgens Stilling: *normaal*. Met drempelmeting: Bijna normale lichtgevoeligheid voor Groen met flinke verlaging der kleurgevoeligheid. Voor de kleurdrempels is R/G te klein.

PROEFPERSOON nr. 33: ± 40 jaar, tramconducteur.

ANOMALOSCOOP:

Vergelijkingen (1) en (2) worden niet opgelost.

In (3) $49 \left(\frac{Li}{Th} \right) = z \text{ Na}$ is $z = 20$

in (4) $70 \left(\frac{Li}{Th} \right) = p \text{ Na}$ is $p = 25$

in (5) $0 \left(\frac{Li}{Th} \right) = q \text{ Na}$ is $q = 35$

voor de „vrije” vergelijking $\alpha \left(\frac{Li}{Th} \right) = \beta \text{ Na}$ is $\alpha = 50, \beta = 25$.

STILLING:

Groepen 1, 2, 4, 5, 6, 7 en 8 worden niet ontcijferd. Groep 9 levert eenige moeite.

DIAGNOSE:

Volgens anomaloscoop deuteranopie. Vergelijking (4) wordt ook op deze wijze opgelost door een protanomaal. Volgens Stilling; deuteranopie.

DREMPELMETING:

De lichtdrempels voor Rood en Groen beide, iets te hoog, voor Rood nog 't meest. De lichtdrempel voor Violet is te hoog, n.l. $15 \times$ de Norm (maximum bij normalen 13). Het photochromatisch interval voor Rood is veel te hoog n.l. $5 \times$ de Norm, dat voor Groen is onmeetbaar hoog, d.w.z. hoger dan $293 \times$ de Norm. De tijdfactor voor Rood-kleurdrempels vrij veel, voor Groen-lichtdrempels iets te hoog. Voor Groen-kleurdrempels is de tijdfactor meer dan $283 \times$ de Norm, voor Violet iets te hoog. De verhouding R/G voor de kleurdrempels is niet te berekenen, maar zeer klein, d.w.z. kleiner dan $0.02 \times$ de Norm.

SAMENVATTING:

Volgens Anomaloscoop en Stilling; *deuteranopie*. Volgens drempelmeting: Duidelijke vermindering der lichtgevoeligheid voor Rood, Groen en Violet. Sterke vermindering van de kleurgevoeligheid voor Rood, buitengewoon sterke vermindering van die voor Groen. Verkorting van den belichtingstijd beïnvloedt zeer sterk de Groen-perceptie. Voor de kleurdrempel is R/G uiterst klein.

PROEFPERSOON Nr. 34, ± 25 jaar, student.

ANOMALOSCOOP:

Vergelijking (2) wordt niet opgelost.

$$\text{In (1): } 88 \left(\frac{L_i}{T_h} \right) = x \text{ Na is } x = 27$$

$$\text{In (3): } 49 \left(\frac{L_i}{T_h} \right) = z \text{ Na is } z = 26$$

$$\text{In (4): } 70 \left(\frac{L_i}{T_h} \right) = p \text{ Na is } p = 22$$

$$\text{In (5): } 0 \left(\frac{L_i}{T_h} \right) = q \text{ Na is } q = 33$$

STILLING

Niet ontcijferd worden de Groepen 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8 en 9.

DIAGNOSE:

Volgens anomaloscoop deuteranopie. Vergelijking (4) wordt op overeenkomstige wijze opgelost door een protanomaal. Volgens Stilling deuteranopie.

DREMPELMETING:

De lichtdrempel voor Rood is iets te hoog, die voor Groen is vrij veel te hoog, n.l. $2.4 \times$ de norm tegen $1.2 \times$ de norm als maximum bij de normalen. De lichtdrempel voor Violet is iets aan den te hoogen kant. Het photochromatisch interval voor Rood en Groen beide is onmeetbaar hoog, d.w.z. voor Rood hooger dan 244 , voor Groen hooger dan $240 \times$ de Norm. Bij de drempelwaardebepalingen staat de volgende aantekening vermeld: „Rood wordt vaak „geel“ genoemd. Soms zegt de patient „: is rood, maar : kan ook groen zijn.“ „Rood en groen verschillen voor hem onderling minder dan rood en „groen van violet verschillen. Evenwel wordt bij „: bij belichtingssterkte 3080 Groen steeds juist benoemd. Met Violet maakt patient „nooit een fout.“ De tijdfactor voor den lichtdrempel van Rood is te laag, die voor den kleurdrempel is niet te berekenen, voor den kleurdrempel van Groen ook niet te berekenen maar in ieder geval grooter dan 6, tegen maximaal 2.3 normaal. De verhouding R/G is voor de kleurdrempels niet te berekenen.

SAMENVATTING:

Volgens anomaloscoop en Stilling deuteranopie. Volgens drempelmeting: Eenige, maar geringe, vermindering der lichtgevoelghed, waarnaast buitengewoon sterke vermindering der kleurgevoelghed

DREMPELMETING :

De lichtdrempel voor Rood is iets aan den hoogen kant, n.l. $2,1 \times$ de norm (hoogste normale waarde 2,3 kwam éénmaal voor (bij Nr. 38). Tijdfactor van den lichtdrempel voor Rood ook vrij hoog. De verhouding R/G is voor de kleurdrempels vrij hoog, n.l. 2,5 tegen maximaal 1,6 bij de „nurmalen”.

SAMENVATTING :

Volgens anomaloscoop *protanomalie*, volgens Stilling *geen afwijking*. Volgens drempelmeting lichte vermindering van de lichtgevoeligheid voor Rood met overeenkomstige vermindering der kleurgevoeligheid.

VERGELIJKEND OVERZICHT

Zooals men zal gezien hebben is in de voorafgaande „samenvattingen” nagenoeg niets gezegd over de tijdfactor en over de verhoudingen R/G en V/G. Een bespreking van deze onderwerpen volgt later. Voorloopig wil ik alleen de aandacht vestigen op de „licht”- en „kleur”drempels en het photochromatische interval, m.a.w. op de gevoeligheid voor „licht” en „kleur” der verschillende individuen en deze in verband brengen met de gestelde diagnose. Diagnostisch behooren mijn individuen tot de volgende groepen:

- I. Deuteranomalen: 5, nl. nrs. 19, 26, 29, 30 en 35.
- II. Protanomalen: 1, nl. nr. 44.
- III. Deuteranopen: 5, nl. nrs. 22, 25, 27, 33 en 34.
- IV. Protanopen: 1, nl. nr. 28.
- V. Niet gediagnostiseerd: 1, nl. nr. 10.

Van de deuteranomalen en de deuteranopen kan ik den uitslag der drempelmeting bij de individuen van elke groep onderling vergelijken.

DE DEUTERANOMALEN

In tabel nr. 32 vindt men den drempel en het photochromatisch interval der deuteranomale proefpersonen in de norm uitgedrukt. Bij de beoordeeling van deze getallen moet men bedenken, dat een afwijking van de eenheid (de norm) op zichzelf niet genoeg is om den drempel als abnormaal te brandmerken. Men moet de getallen vergelijken met de bij „normale” proefpersonen gevonden variaties. (Zie bv. tabel nr. 22 en nr. 23.) ☼ Bijvoorbeeld in tabel nr. 32 vindt men voor proefpersoon nr. 30 een lichtdrempel voor „rood” van 1.8 en voor groen van 1.2 (beiden in de norm uitgedrukt). Hoewel $1.8 > 1.2$ is, is hier toch de drempel voor groen relatief méér verhoogd dan die

voor rood. Want voor groen bedraagt de hoogste bij „normalen”¹⁾ waargenomen drempel $1.2 \times$ de norm welke uiterste grens door proefpersoon nr. 30 juist bereikt wordt, terwijl voor rood de hoogste bij „normalen” gevonden waarde $2.3 \times$ de norm bedraagt, een bedrag waar nr. 30 nog belangrijk onder blijft. Proefpersoon nr. 30 is dus in werkelijkheid voor groen meer gestoord dan voor rood, hoewel een oppervlakkige beoordeeling van de cijfers in tabel nr. 32 het omgekeerde zou doen vermoeden. ☒ Wanneer wij nu op deze wijze de getallen van tabel nr. 32 onderling en met die der normalen vergelijken, dan zien we:

1. proefpersoon nr. 19 vertoont in geen enkel opzicht van de norm afwijkende cijfers;

2. voor proefpersonen 26, 29, 30 en 35 geldt:

a. de afwijking is tot het „groen” beperkt;

b. de afwijking manifesteert zich als of een geringe verhooging van den kleurdrempel (nr. 29, 30 en 35), of een geringe verhooging van het photochromatisch interval (nr. 26, 29 en 30).

Hieruit volgt de conclusie: *bij deuteranomalie vindt men een geringe, relatieve of absolute verhooging van den kleurdrempel voor „groen”.*

Opgemerkt zij dat proefpersoon nr. 30 tevens een iets te hooge lichtdrempel voor „groen” vertoont. Verder zien wij dat de getallen van proefpersoon nr. 10, omtrent wiens kleurenzin we met de andere methodes niet tot klaarheid konden komen, van dezelfde orde van grootte zijn al die der deuteranomalen. Klaarblijkelijk is de afwijking bij nr. 10 van denzelfden aard als die bij de deuteranomalen.

DE DEUTERANOPEN

Een geheel ander beeld dan de deuteranomalen geeft ons deze groep van kleurenzinafwijkingen, zooals reeds een vluchtige blik op tabel nr. 33 leert. Vonden wij bij de deuteranomalen in den uitslag der drempelmeting veel punten van overeenkomst, hier brengt deze methode van onderzoek een groote verscheidenheid aan het licht. Beginnen we met de bespreking der *licht*-drempels, dan vinden we: voor *Rood* alle lichtdrempels boven de norm. In drie van de vijf gevallen is deze afwijking belangrijk. De lichtdrempels van deze drie individuen zijn n.l. hooger dan de hoogste bij normalen gevonden waarde;

¹⁾ Zie voor het begrip „normaal” het laatste hoofdstuk, blz. 70 e. v.

voor *Groen* in vier van de vijf gevallen de lichtdrempels boven de norm en wel in twee daarvan gelijk aan, in twee hooger dan, de hoogste normale waarde;

voor *Violet* alle lichtdrempels boven de norm, echter slechts in één geval hooger dan de hoogste normale drempel.

We zien verder dat van de onderzochte vijf deuteranopen drie een belangrijke verhooging van den lichtdrempel voor rood en groen *samen* vertoonen (nrs. 27, 33, 34), terwijl één der deuteranopen een belangrijke vermindering der gevoeligheid voor de *drie* lichtsoorten vertoont (nr. 33). Dit resultaat van de drempelmeting is belangrijk juist, omdat het hier *lichtdrempels* betreft. Want de bepaling der lichtdrempels kan met groote mate van nauwkeurigheid geschieden; een nauwkeurigheid gróóter dan die, waarmee de *kleurdrempels* bepaald kunnen worden, omdat dáárbij in sterker mate psychische factoren in 't spel zijn. We zullen echter zien, dat ook de *kleurdrempels* belangrijke afwijkingen vertoonen. We vinden:

voor *Rood* in alle gevallen te hooge kleurdrempel. De graad der afwijking varieert, voor zoover meetbaar, van 2,4 tot 13 maal de norm. Bij één individu was de afwijking te groot om meetbaar te zijn;

voor *Groen* in alle gevallen te hooge kleurdrempel, variëerende van 3,5 tot 22 $\times$ de norm. In drie gevallen was de afwijking te groot om meetbaar te zijn;

voor *Violet* in alle gevallen kleurdrempel boven de norm, in twee daarvan is de afwijking belangrijk.

Verder bestond:

in alle gevallen een duidelijke verhooging der drempels, voor rood en groen *beide*;

in drie daarvan is de afwijking der groendrempels aanzienlijk grooter dan die der rooddrempels (nrs. 22, 27, 33);

in één geval was de verhooging van den rooddrempel grooter dan die van den groendrempel (nr. 25);

in één geval bestond voor beide kleurdrempels een onmeetbaar sterke verhooging.

Het is dus duidelijk *dat bij al onze deuteranopen een algemeene stoornis bestaat* en dat er van deze algemeene stoornis drie typen zijn te onderscheiden, al naarmate de afwijking voor 't rood overheerscht, voor 't groen overheerscht, of voor beide kleuren aanzienlijk is.

Om na te gaan in hoeverre er overeenstemming bestaat tusschen den uitslag van de drempelmeting en de resultaten van anomaloscoop en Stilling heb ik in tabel 34 van onze vijf deuteranopen weergegeven de grootte van de „onbekende” in elk der vijf vergelijkingen en verder voor elk individu de groepen van Stillings platen die wèl ontcijferd werden. Er blijkt dat :

1. alle individuen met sterke vermindering der kleurgevoeligheid voor Groen en geringe voor Rood, vergelijking (5) oplossen. Zij maken dus de vergelijking : Groen = Geel.
2. het ééne individu met geringe vermindering der kleurgevoeligheid voor Groen en sterke voor Rood vergelijking (5) niet oplost.
3. dit zelfde individu het eenige is, dat van Stillings platen groep 3 niet ontcijfert, welke groep gewoonlijk voor protanopen moeilijkheden biedt.

Voor het overige blijkt van een correlatie tusschen anomaloscoop en drempelmeting niets. Dit behoeft niet te verwonderen, aangezien het bekend is, dat de anomaloscoop-instellingen van dichromaten sterk wisselen en niet dan zeer globaal een indruk geven van de functie van hun kleurenzin.

Tenslotte nog een enkel woord over het Violet. Wij vonden wat de lichtgevoeligheid betreft bij één persoon (nr. 33) duidelijke verlaging, terwijl wat de kleurgevoeligheid aangaat ook nr. 25 een lage waarde vertoont. Een constant verschijnsel is deze vermindering der gevoeligheid voor violet echter allerminst.

Resumeerende vonden wij dat de deuteranopen gekenmerkt zijn door

1. normale of geringe verlaging der lichtgevoeligheid.
2. geringe tot zeer sterke verlaging der kleurgevoeligheid voor „Rood” en „Groen” beiden.

DE PROTANOOP

De door drempelmeting aan 't licht gekomen eigenschappen van den protanoop volgen uit de boven gegeven „samenvatting” die aldus luidt: „Sterke vermindering der lichtgevoeligheid voor Rood met nog „iets sterkere vermindering der kleurgevoeligheid. Lichtgevoeligheid „voor Groen iets lager dan normaal, overeenkomstige verlaging der „kleurgevoeligheid.” Het treffende in dit geval is de enorme vermindering der lichtgevoeligheid voor Rood. De lichtdrempel voor Rood bedroeg $11 \times$ de normale, een waarde die door geen der andere

proefpersonen ook maar in de verte benaderd wordt en die zonder eenigen twijfel in verband staat met het voor protanopie zoo typische verschijnsel van „het verkorte spectrum”. De afwijking is hier overigens evenmin zuiver tot het Rood beperkt, als de storing bij de deuteranopen tot het Groen.

DE PROTANOMAAL

Het resultaat der drempelmeting van den eenigen door mij onderzochten protanomaal spreekt niet zoo sterk als dat der andere onderzochte individuen. Toch vond ik een duidelijke maar geringe vermindering van de lichtgevoeligheid voor Rood met overeenkomstige vermindering van de kleurgevoeligheid.

Alvorens nu over te gaan tot een bespreking van den tijdfactor en de verhouding R/G nog een enkel woord naar aanleiding van de vraag: Welke beteekenis heeft de hoogte van de „Licht”-drempels voor het onderzoek van den kleurenzin? Deze beteekenis blijkt uit het volgende: *Van de dertien door mij onderzochte personen met afwijkingen van den kleurenzin waren er voor Rood vier, voor Groen zeven, voor Violet twee, met drempels gelijk aan of hooger dan de hoogste bij normalen gevonden waarde. Van de vier voor Rood ongevoeligen waren er drie deuteranoop, één protanoop. Van de zeven voor Groen ongevoeligen waren er vier deuteranoop, één protanoop en twee deuteranomaal. Van de twee voor Violet ongevoeligen was er één protanoop, één deuteranomaal. We kunnen hieruit concludeeren: het vinden van een „Licht”-drempel voor Rood of Groen, gelijk aan of hooger dan $2,5 \times$ de normale moet in hooge mate de verdenking wekken van een ernstige stoornis van den kleurenzin.*

DE TIJDFACTOR

Het onderhavige onderzoek onderscheidt zich van vroegere drempelwaarde-bepalingen o.m. door het feit, dat hier met den invloed van den tijd is rekening gehouden. Den invloed hiervan hebben wij in het vorige hoofdstuk bij „normalen” nagegaan, de vraag rijst nu: is deze invloed, is de tijdfactor zèlf, voor de diagnostiek van belang?

Een abnormaal hoogen tijdfactor vond ik bij:
nr. 22 (deuteranoop) voor Groen-kleur
nr. 25 (deuteranoop) voor Rood-kleur

- nr. 26 (deutanormaal) voor Rood-licht en -kleur
- nr. 27 (deuteranooop) voor Rood-licht en -kleur
- nr. 28 (protanooop) voor Rood-kleur en Violet-kleur
- nr. 29 (deutanormaal) voor Rood-kleur, Groenkleur (!) en V. kleur
- nr. 33 (deuteranooop) voor Rood-kleur, Groen-licht en kleur (!!) en Violet-licht en kleur
- nr. 34 (deuteranooop) voor Groen-kleur (!)

een abnormaal lage tijdfactor vond ik bij:

- nr. 10 (deutanormaal) voor Groen-licht
- nr. 25 (deuteranooop) voor Rood-licht, Groen-kleur en Violetlicht
- nr. 27 (deuteranooop) voor Violet licht en -kleur.

Voor de differentieele diagnostiek levert de tijdfactor klaarblijkelijk geen aanwijzingen op. Wel kan men zeggen dat: *personen waarbij de invloed van den tijd op den drempelwaarden of abnormaal groot of abnormaal klein is, ten zeerste verdacht zijn van een ernstige afwijking in den kleurensin.* Hoewel dus de tijdfactor zelf voor de kwantitatieve kleurensinbepaling betrekkelijk weinig waarde heeft, brengt het invoeren van den tijd bij de drempelwaarde-bepalingen groote voordeelen van meer technischen aard, waarvan ik als de voornaamste wil noemen het feit dat een moment-belichting de adaptatie toestand niet verstoort. Hoe door verkorting van den belichtingstijd in 't algemeen de „variëteit-breedte” verkleind wordt, heb ik in 't vorig hoofdstuk besproken (blz. 31). Dat het invoeren van den factor tijd de nauwkeurigheid der drempelwaarde-bepalingen dus verhoogt, volgt hieruit onmiddellijk.

DE VERHOUDINGEN R/G EN V/G.

Wat de verhouding R/G aangaat zullen we hier in de gelegenheid zijn met behulp van *langs direkten weg* bepaalde drempelwaarden de opvattingen van v. Hess omtrent de relatieve rood- en groenzichtigheid te toetsen. Ik schrijf met opzet, „langs direkten weg bepaalde drempelwaarden”. omdat de wijze waarop v. Hess zijn drempelwaarden bepaalde, geenszins direkt maar zeer indirekt was. Hij toch gebruikte de kleuren-perimetrie als methode van onderzoek en meende dat de grootte van het gezichtsveld voor een bepaalde kleur recht evenredig was met de gevoeligheid voor licht van die kleur. Een stelling waarvan wij het strikte bewijs tevergeefs zoeken.

De verhouding R/G. Wij moeten om te beginnen onderscheid maken tusschen de verhouding van de „licht”- en die van de „kleur”-drempels.

a. De verhouding der „licht”-drempels

De hoogste bij de „normalen” voorkomende waarde, $14 \times$ de norm, vinden we daar slechts éénmaal, n.l. bij nr. 38 ($R/G = 2,4$). De daaropvolgende waarde, 1,2, komt daar eveneens slechts éénmaal voor (bij nr. 31). Wij zijn dus zeker veilig als we elk bedrag grooter dan $1,4 \times$ de norm als „abnormaal” beschouwen. Het laagste bij de „normalen” gevonden bedrag, $0,6 \times$ de norm, komt tweemaal voor. Kleiner waarden dan 0,6 zullen als „abnormaal” beschouwd worden. Aldus vinden we als te hoog:

nr. 10, deuteranomaal met 1,6

nr. 27, deuteranooop met 1,6

nr. 28, protanooop met 6

nr. 44, protanomaal met 1,6

Deze individuen zijn dus (in den geest van v. Hess gesproken (zie blz. 61)) relatief groenzichtig, wat de gewaarwording „licht” aangaat. Als te laag vinden we: geen individu. Nr. 25, deuteranooop en nr. 35 deuteranomaal zijn even laag als de laagste normale, n.l. 0,6.

Wij concludeeren dus: van de zes *deuteranomalen* is er één relatief groenzichtig, één misschien iets, maar in ieder geval zéér weinig, relatief roodzichtig. De andere vier deuteranomalen hebben een normale verhouding R/G voor de „licht”-drempels. Van de vijf *deuteranopen* is er één relatief groenzichtig, één iets, maar zéér weinig relatief roodzichtig. De anderen zijn normaal. De ééne *protanooop* is zeer sterk relatief groenzichtig. De ééne *protanomaal* is relatief groenzichtig in matigen graad.

Dit alles voorzoover de „licht”-gevoeligheid aangaat.

b. De verhouding der kleurdrempels

Bij de „normalen” vinden we $1,6 \times$ de norm als hoogste bedrag. Dit bedrag vinden we bij hen tweemaal (nrs. 18 en 41). Het daaropvolgend cijfer 1,5 komt ook tweemaal voor. We zullen daarom als „abnormaal” beschouwen elk bedrag gelijk aan of hooger dan $1,7 \times$ de norm. Naar beneden vertoonen de „normalen” 0,6 als grens. Dit bedrag kwam éénmaal voor (nr. 46), het daaropvolgende 0,9 vonden we tweemaal. Als „abnormaal” wordt daarom beschouwd elk bedrag kleiner dan 0,6.

Als te hoog vinden we:

Nr. 25 deuteranoop met 1,8

Nr. 28 protanoop met 16

Nr. 44 protanomaal met 2,5

Deze individuen zijn dus relatief groenzichtig. Merkwaardigerwijze vinden we hier den deuteranoop Nr. 25, die reeds bij het onderzoek met Stillings platen van „protanope eigenschappen” blijk gaf, terug in het gezelschap van een protanoop en een protanomaal!

Te laag zijn:

Nr. 22 deuteranoop met 0.1

Nr. 29 deuteranomaal met 0.5

Nr. 27 deuteranoop met een bedrag van $< 0,005$

Nr. 30 deuteranomaal met 0.5

Nr. 33 deuteranoop met een bedrag van $< 0,02$

Nr. 35 deuteranomaal met 0.5

Deze individuen zijn dus relatief roodzichtig. Bij Nr. 34 kan de verhouding niet berekend worden.

Resumeerend vonden we: van de zes *deuteranomalen* waren er drie relatief roodzichtig; van de vijf *deuteranopen* was er één relatief groenzichtig, drie waren sterk relatief roodzichtig de *protanoop* was zeer sterk relatief groenzichtig de *protanomaal* was sterk relatief groenzichtig. ☼ Voor de beoordeeling van den kleurensin, heeft waarschijnlijk de verhouding der „kleur”-drempels meer beteekenis dan die der „licht”-drempels. Het is ook deze verhouding die v. Hess trachtte te benaderen met zijn perimetrische methode. Wij zullen daarom in het volgende nagaan de correlatie tusschen de verhouding der kleurdrempels en de instelling van den anomaloscoop.

ANOMALOSCOOP EN DREMPELMETING

Welke waarde hebben bij den anomaloscoop de cijfers van de schaalverdeeling der stelschroeven? Het mengsel rood-groen wordt in den anomaloscoop van Nagel verkregen met behulp van twee spleten waarvan de breedte regelbaar is. Een spleet voor het „roode” en een voor het „groene” gedeelte van het spectrum. De regeling van deze spleten geschiedt tegelijkertijd en met één schroef, de linker stelschroef van den anomaloscoop. De spleten zijn z.g. „gekoppelde spleten”. ☼ De constructie is zoodanig, dat met behulp van de schroef de breedte van de eene spleet toeneemt of afneemt ten koste, resp. ten voordeele van de breedte van de andere spleet. Is de schaalverdeeling van deze stelschroef ingesteld op het cijfer 0 dan is de

spleet die de „roode” componente doorlaat gesloten, terwijl de spleet voor de „groene” componente maximaal geopend is. Bij instelling op 88 is de toestand omgekeerd, de „roode” spleet is nu volkomen geopend, de „groene” gesloten. Overeenkomstig dezen toestand ziet men in 't eerste geval de bovenste helft van het gezichtsveld van den anomaloscoop groen, in 't tweede rood. 't Cijfer op de stelschroef is dus een maat voor de verhouding van de hoeveelheden „rood” en „groen” licht in 't mengsel. Deze verhouding is uit de getallen gemakkelijk te berekenen. ☒ Staat b.v. de linkerschroef op 2, dan laat de „roode” spleet $\frac{2}{88}$ van de beschikbare hoeveelheid „rood” licht door, de „groene” $\frac{86}{88}$ van de beschikbare hoeveelheid „groen”. Nemen we aan, dat in het licht van de gebruikte lichtbron de voorhanden hoeveelheid „rood” licht zich verhoudt tot de hoeveelheid „groen”, als $r : g$ dan zal dus in dit geval de verhouding rood tot

groen zijn $= \frac{2}{86} \times \frac{r}{g} = 0,023 \times \frac{r}{g}$. De verhouding $\frac{r}{g}$ is een con-

stante afhankelijk van de gebruikte lichtbron. ☒ Aangezien voor alle individuen dezelfde lichtbron gebruikt werd, kunnen we de verhouding rood-groen in 't mengsel, uitdrukken in die constante als eenheid, daarbij bedenkende, dat de aldus verkregen getallen alleen relatieve beteekenis hebben.

Van het vergelijkend onderzoek zullen moeten worden uitgesloten, de individuen, die, behalve één der andere, ook vergelijking (1) of (5) oplossen. In die gevallen toch is klaarblijkelijk het aantal mengingsmogelijkheden oneindig groot, want voor deze personen bestaat er geen verschil tusschen natriumgeel eenerzijds en of een of ander mengsel rood en groen en of zuiver rood of zuiver groen anderzijds. Om deze reden moesten de individuen nrs. 22, 33, 27, 25, 28 en 34 vervallen. Daarentegen zullen we voor dit vergelijkend onderzoek wel kunnen gebruik maken van het bij de „normalen” verkregen cijfermateriaal. De individuen, die wat hun anomaloscoop-vergelijking betreft het dichtst de grens tusschen normaal en abnormaal naderen komen hiervoor bij voorkeur in aanmerking. ☒ In tabel nr. 35 vinden we den uitslag van het anomaloscooponderzoek bij zes „abnormalen” en zestien „normalen”. De tabel geeft in de eerste kolom de nummers der proefpersonen, in de tweede kolom de instelling van de linkerschroef voor de tweede vergelijking. Kolom drie geeft de gemiddelde waarde van deze instellingen. In kolom vier vindt men de daaruit berekende verhouding rood-groen, uitgedrukt in de constante r/g als eenheid. Kolom vijf eindelijk geeft de uit de kleurdrempels bij

^{1/50} berekende verhouding R/G. Uit deze tabel blijkt van het bestaan van een correlatie tusschen anomaloscooponderzoek en drempel-meting weinig. Men dient hierbij in aanmerking te nemen, dat de gebruikte lichtsoorten bij de twee methodes van onderzoek in samenstelling verschillen.

In tabel nr. 36 zijn de cijfers van negen individuen uit de vorige tabel ondergebracht, nu gerangschikt naar opklimming van de verhouding rood-groen voor den anomaloscoop. Deze negen zijn zes „abnormalen” en drie „normalen”, welke laatste door hun bijzonder hooge anomaloscoopverhouding de grens tusschen „normaal” en „abnormaal” dicht naderen, (nrs. 40, 41 en 42). Men ziet bij deze negen inderdaad een zeker parallelisme tusschen de verhouding rood-groen bij den anomaloscoop en de verhouding R/G bij de drempel-meting. Men ziet echter evenzeer, dat van een eenvoudige betrekking tusschen beide verhoudingen geen sprake is. Gezien het feit, dat beide methodes van onderzoek in principe belangrijk verschillen, mag dit geen verwondering baren.

HET ONDERZOEK MET HET TOESTEL VAN VON HESS

Bij de gebruiksaanwijzing voor zijn „Apparat zur klinischen Untersuchung des Farbensinnes”¹⁾ onderscheidt v. Hess twee manieren van onderzoek. ☒ De ééne (die ik Hess A zal noemen) is er op gericht het bestaan van „roodgroenblindheid” aan te toonen, de andere (Hess B) dient er voor de „individuelle Verschiedenheiten” op te sporen. Voor elk der beide methodes wordt een ander gebruik van het toestel vereischt. Wij treffen dus ook hier het verschijnsel aan dat de onderzoeker tracht te geraken tot het aantoonen van de aanwezigheid van een theoretisch geconstrueerd ziektebeeld inplaats van de graad der functiestoornis te bepalen. Von Hess heeft het apparaat klaarblijkelijk bedoeld als „Ersatz” voor den anomaloscoop van Nagel. Althans hij besluit zijn gebruiksaanwijzing met de woorden: „Wesentlich ist vor allem, das die Vorrichtung zum erstenmal ermöglicht, auch „ohne Spektralapparat zwischen einem aus sehr gesättigtem Rot und „Grün gemischten Lichte und einem anderen Strahlgemisch (hier im „algemeinen dem Grau der Fläche) auch bei Tageslicht Gleichungen „herzustellen, die ähnlich wir die Rayleigh-gleichung die sogenannten „Anomalen leicht zu erkennen gestatten” ☒ Bij het onderzoek op

¹⁾ C. v. Hess Einfache Apparate zur Untersuchung des Farbensinnes und seiner Störungen. Arch. f. Augenh. (1920) Bnd. 68, blz. 222.

„rood-groenblindheid” laat v. Hess de proefpersoon een mengsel van geel en blauw licht tot groen samenstellen. Dit mengsel ziet de proefpersoon door een gaatje in een grijs papier, dus op grijzen achtergrond. De belichtingssterkte van het grijs kan naar willekeur veranderd worden en de proefpersoon moet nu trachten door, of het groen, of het grijs te veranderen, beide aan elkaar gelijk te maken. Een normaal individu lukt dit niet — een „rood-groenblinde” wel. Voor het onderzoek op de „individuelle Verschiedenheiten des Farbensinnes” wordt het groene mengsel nog weer eens gemengd met teruggekaatst rood licht. ☼ Ook hier is de belichtingssterkte van achtergrond en mengsel naar believen te regelen. Een normaal individu lukt deze instelling bij een bepaalden stand altijd. Een „individuelle Verschiedenheit” maakt het gaatje of te rood, dan is hij relatief groen-, of te groen, dan is hij relatief rood-zichtig. De graad van de instelfout zou daarbij een maat zijn voor de afwijking. Tengevolge van het bij dit toestel groote aantal veranderlijke factoren bleek het niet doenlijk de graad der stoornis in getalvorm weer te geven. Ik heb mij er daarom toe bepaald de graad der afwijking in woorden uit te drukken. Mijn eigen normalen kleurenzin nam ik daarbij als norm aan. Omdat ik van te voren niet vermoeden kon tot welke groep van kleurenzinafwijkingen mijn individuen behoorden, heb ik beide manieren van onderzoek op alle proefpersonen toegepast. Het resultaat hiervan vindt men in tabel nr. 37, zoowel voor de „normalen” als voor de „abnormalen”.

Hess A is in die tabel het onderzoek op „rood-groenblindheid”, *Hess B* dat op de „individuelle Verschiedenheiten”. Van de abnormalen heb ik de diagnose volgens de oude terminologie aangeduid. Als verdere toelichting tot de tabel diene het volgende:

Hess A — wil zeggen dat de proefpersoon er niet in slaagde onder de omstandigheden van de proef tot een hem bevredigende instelling te komen.

Hess A + beteekent, dat dit wel het geval was.

Hess B — wil zeggen, dat een „normale”, d.i. dus een ook mij bevredigende instelling, gemaakt werd. Was dit niet het geval (*Hess B* dus positief) dan heb ik dat in de tabel vermeld en daarbij de richting van de afwijking aangegeven (meestal werd alleen Rood vermeld omdat Groen uit *Hess A* volgde). Ik vond zooals men ziet:

Hess A en *B* beide negatief bij:

1. Alle (vijftien) normalen.
2. Twee (van de vijf) „deuteranomalen”.

Hess A negatief en Hess B positief bij: de „protanomaal”.

Hess A positief en Hess B negatief bij:

1. Drie (van de vijf) „deuteranomalen”.
2. Drie (van de vijf) „deuteranopen”.

Hess A en Hess B beide positief bij:

1. Twee (van de vijf) deuteranopen.
2. De protanomaal.
2. De protanoop.

Vergelijken we het resultaat met den uitslag van het onderzoek met den anomaloscoop van Nagel, dan zien we dat alleen in het geval van proefpersoon nr. 10 een normale anomaloscoopinstelling samenging met een abnormale instelling van Hess (hetzij A of B). ☒ Bij nr. 19, waar ondanks abnormale anomaloscoopinstelling, een normalen kleurensin moest worden aangenomen bracht ook het apparaat van von Hess niets verkeerd aan het licht. Bij nrs 26 en 35 (beide „deuteranomaal”) kon met Hess geen afwijking worden aangetoond. De overige abnormalen gaven zoowel met Hess als met den anomaloscoop een abnormale instelling, terwijl de onderzochte „normalen” ook met Hess als normaal werden bevonden. Omtrent het toestel van von Hess kan men hieruit het volgende concluderen:

1. *Het bestaan eener z.g. „dichromasie” kan met dit toestel worden aangetoond.*
2. *De kans bestaat dat een ontwijfelbare kleurensinafwijking (hier „deuteranomalie”) bij het onderzoek over het hoofd ziet.*

Volgt hieruit reeds, dat vergelijking van dit apparaat met den anomaloscoop in 't voordeel van het laatste toestel moet uitvallen, deze voorkeur wordt versterkt wanneer men ervaart, dat de aanwezigheid van talrijke veranderlijke factoren kwantitatieve uitdrukking van den uitslag van het onderzoek practisch onmogelijk maakt. Dat de onderzoeker, die de gemaakte instellingen controleert, over een normalen kleurensin moet beschikken is mede een bezwaar van het toestel van von Hess.

V. HET VRAAGSTUK DER BENAMINGEN

In 't algemeen geschiedt het geven van namen aan ziekelijke afwijkingen, waarvan noch de oorzaak, noch het anatomisch substraat bekend is, naar een eigenschap die de zieke individuen gemeen hebben. Langs dezen weg kan ongetwijfeld een rationeele nomenclatuur ontstaan. De gevonden eigenschap is, wiskundig gesproken, zoowel een functie van de bestaande afwijking, als van de gevolgde methodiek. Dit dient men bij 't gebruik der benamingen goed te beseffen, wil niet veel verwarring ontstaan. Men heeft dit echter bij de afwijkingen van den kleurensin niet altijd gedaan. Evenwel, de hierdoor veroorzaakte moeilijkheden zijn gering, vergeleken bij die, welke hun ontstaan danken aan een andere, al evenzeer principieele, fout. ☒ Vele onderzoekers hebben namelijk de verschijnselen, die zij bij den gebrekkigen kleurensin vonden, beschouwd van het standpunt eener bepaalde kleurensintheorie en bij het geven van namen hebben zij zich dan naar die theorie gericht. Het is duidelijk dat de nomenclatuur, die op deze wijze ontstaat, alleen dan rationeel zal zijn wanneer de aangehangen theorie juist is. Geen der theorieën, die trouwens beter hypothesen mochten heeten, bevredigt volkomen, laat staan, dat haar juistheid bewezen zou zijn. Nu heeft in de laatste jaren von Hess getracht een stelsel van benamingen te ontwerpen waaraan althans gedeeltelijk rechtstreeks de waargenomen verschijnselen ten grondslag liggen. ☒ Wel is waar heeft deze onderzoeker waarschijnlijk niet de bedoeling gehad met de door hem ingevoerde termen een volledig nomenclatuurstelsel als zoodanig, te scheppen, maar zijn benamingen duiden toch bepaalde van den normalen kleurensin afwijkende toestanden aan. Zoo wij dus al niet mogen spreken van „von Hess' nomenclatuur”, de uitdrukking „terminologie van von Hess” is zeker geoorloofd. Vele van de door hem beschreven verschijnselen zijn echter nog niet algemeen erkend en zoolang dit niet het geval is zal zijn terminologie sterk het stempel zijner persoonlijke opvattingen dragen. In hoeverre deze opvattingen door het onderhavige onderzoek gesteund worden, moge later blijken. De tegenwoordig het meest gebruikte nomenclatuurstelsels zijn gegroeid op den bodem van twee kleurensintheorieën, n.l. die van Young-Helmholtz en die van Hering. ☒ De theorie van Young-Helmholtz luidt in 't kort als volgt: Het kleurensintuig bestaat uit drie onderdeelen. Elk dezer onderdeelen, geeft bij afzonderlijke prikkeling een zeer bepaalde gewaarwording. Er is n.l. een onderdeel

voor „rood”, een voor „groen” en een voor „violet”. Het onderdeel, dat de gewaarwording „rood” geeft, zou vooral gevoelig zijn voor de „roode” stralen uit het spectrum en veel minder voor de andere. Een overeenkomstige toestand bestaat voor het onderdeel voor „groen” en dat voor „violet”. Door de afzonderlijke en gelijktijdige prikkeling van deze drie onderdeelen ontstaan al onze kleur-gewaarwordingen. Normale individuen bezitten alle drie onderdeelen, zij zijn: trichromaat. Kleurenzinafwijkingen ontstaan door het ontbreken of gebrekkig functioneeren van één der onderdeelen of van alle. ☒ Ontbreekt één der onderdeelen, of functioneert het in 't geheel niet, dan spreekt men van dichromasie. Hiervan onderscheidt men al naar het onderdeel dat ontbreekt: roodblindheid (v. Helmholtz) of protanopie (v. Kries), groenblindheid of deutanopie, violetblindheid of tritanopie. Zijn er wèl drie onderdeelen aanwezig, maar is de functie van één der drie gestoord zonder geheel te zijn opgeheven, dan noemt men de afwijking anormale trichromasie (König). Ook hier weer te onderscheiden in drie soorten n.l. protanomalie (Nagel), deutanomalie en tritanomalie. Schematisch weergegeven komt dus de op Y.-H's theorie gebaseerde nomenclatuur op 't volgende neer:

A. Normale trichromasie.

B. Anormale trichromasie (König).

a. Protanomalie (Nagel) of roodanomalie (v. Kries).

b. Deutanomalie (Nagel) of groenomalie (v. Kries).

c. Tritanomalie (Nagel) of violetomalie (v. Kries).

C. Dichromasie (Herschell).

a. Protanopie (v. Kries) of rood-blindheid (v. Helmholtz).

b. Deutanopie (v. Kries) of groen-blindheid (v. Helmholtz).

c. Tritanopie (v. Kries) of (violet-blindheid (v. Helmholtz).

D. Totale kleurenblindheid.

N.B. Achter elke afwijking is tusschen haakjes de naam geplaatst van den onderzoeker die, voorzoover was na te gaan, de benaming het eerst gebruikte.

Sommige onderzoekers gebruikten in plaats van de benaming anormale trichromasie de term: kleurenzwakte (Donders, Guttman). Guttman spreekt zoo ook van roodzwakte en groenzwakte. Anderen meenen, dat anormale trichromasie en kleurenzwakte geen identieke begrippen zijn en streng van elkaar onderscheiden moeten worden (Nagel en von Kries). ☒ Onder invloed van de theorie van Hering, die van de werking van het kleurenzintuig een geheel andere voor-

stelling had, kwam men tot een andere nomenclatuur speciaal voor die afwijkingen die hierboven onder den naam dichromasie werden begrepen. Herings theorie der tegenkleuren veronderstelt eveneens drie substanties in het gezichtszintuig. Elk der substanties is in staat ons twee kleurgewaarwordingen te geven, al naar de richting waarin de photochemische processen in de eindorganen verlopen. Deze processen kunnen n.l. verlopen in de richting van assimilatie of in die van dissimilatie. De richting wordt bepaald door de soort van aethertrillingen, die als prikkel dienen. De ééne groep dient voor de gewaarwordingen groen en rood, de tweede voor blauw en geel, de derde voor zwart en wit. Door de gecombineerde werking der drie groepen ontstaan al onze kleurgewaarwordingen. Ontbreken van een groep leidt tot 't verdwijnen van twee gewaarwordingen. In overeenstemming met deze opvatting spreekt Hering dus van rood-groen blindheid en van geel-blauw blindheid. De verschijnselen die Hering waarnam bij het onderzoek van „dichromaten” steunden hem in deze opvatting. Op deze wijze werd de nomenclatuur verrijkt met de benamingen „roodgroen”- en „geel-blauwblindheid”. ☼ Volledigheidshalve wordt hier nog vermeld dat de dichromaten het eerst door Seebeck in twee soorten werden onderscheiden. Men sprak destijds van klasse I van Seebeck voor wat nu deuteranopie heet en van klasse II van Seebeck voor wat thans protanopie genoemd wordt. De laatste groep werd naar den Engelschman die deze afwijking het eerst aan zichzelf bestudeerde ook wel daltonisme genoemd. De laatste drie benamingen zijn echter tegenwoordig vrijwel in onbruik geraakt. Guttman en Nagel hebben afwijkingen gevonden, die in geen der besproken groepen waren onder te brengen. Volgens hun meening zou men deze als een combinatie van dichromasie en anomale trichromasie kunnen opvatten. Eigenaardig is, dat voor de verschillende benamingen nooit een scherpe definitie is gegeven. Nooit is, in maat en getal aangegeven aan welke eischen een afwijking moest voldoen om in een der genoemde categorieën te worden ingedeeld. ☼ In de laatste jaren is het vooral von Hess geweest, die getracht heeft tot een betere nomenclatuur te komen. Wel herkennen wij in het door hem gepropageerde stelsel zonder moeite de theorie van Hering, maar dat neemt niet weg dat zijn benamingen, tenminste gedeeltelijk, rechtstreeks op waargenomen verschijnselen berusten. Verschijnselen, die *hij* met *zijn* methodes van onderzoek waarnam. Het is onmogelijk de bedoeling zijner toestellen en daardoor zijn terminologie te begrijpen zonder

inzicht in zijn ideeën omtrent het wezen der kleurenzinafwijkingen. Ik ben daarom genoodzaakt deze hier kort te bespreken.

Tot goed begrip van von Hess' opvattingen zijn twee dingen belangrijk:

1. Zijn oordeel omtrent de waarde van de vergelijking van Rayleigh.
2. Zijn meening omtrent de kleurenperimetrie als methode van onderzoek.

Wat de *vergelijking van Rayleigh* aangaat, deze berust op de wetten der „kleurenmenging”. Rood licht laat zich met groen licht in een bepaalde verhouding samenstellen tot geel licht. Sedert Donders gebruikt men hiervoor lithium, thallium en natriumlicht. Sommige personen bleken van één der beide eerste lichtsoorten abnormaal groote hoeveelheden noodig te hebben om tot een voor hen met de derde soort overeenkomend mengsel te geraken. Men sprak dan wel van „kleurenzwakte” (Donders, Nagel, Guttmann) voor die ééne kleur, omdat men meende dat de percipieerende elementen voor die ééne lichtsoort klaarblijkelijk minder gevoelig waren. ☒ Op deze wijze wordt de vergelijking van Rayleigh vooral gebruikt voor de diagnostiek van de anormale trichromasie. Voor dit doel heeft dan ook Nagel zijn anomaloscoop geconstrueerd, welk instrument een vereenvoudiging is van de ingewikkelde kleurenmeng-apparaten van Helmholtz. Von Hess heeft er op gewezen dat de bovenvermelde opvatting als zou een abnormale instelling van de vergelijking van Rayleigh berusten op verminderde functie van het kleurenzintuig voor een bepaalde kleur, in het algemeen onjuist zijn. Want een van de normale afwijkende instelling van de verg. v. R. beteekent alléén dat de *verhouding* van de gevoeligheden voor rood en groen abnormaal is, maar zegt niets omtrent de *absolute grootte* van die gevoeligheden. Wanneer iemand b.v. meer rood noodig heeft dan een normale om de bepaalde gele kleur te doen ontstaan, bewijst dat niet dat zijn gevoeligheid voor rood geringer is dan normaal. 't Is zeer wel denkbaar, dat zijn gevoeligheid voor rood normaal is, maar dat die voor groen abnormaal *hóóg* is. Want ook dan zal men om de vereischte gele kleur te krijgen meer rood behoeven dan een normale. Een abnormale verg. v. R. bewijst slechts een abnormale *verhouding* der gevoeligheden, bewijst, om de door v. Hess daarvoor bedachte terminologie te gebruiken, slechts een „Ungleichheit”, geenszins een „Unterwertigkeit”. Evenzoo bewijst een normale instelling

van de verg. v. R. wel is waar een normale verhouding der gevoeligheden, bewijst wel een „Gleichheit”, maar zegt omtrent de absolute grootte van die gevoeligheden, omtrent de „Wertigkeiten” dus, niets. De gevoeligheden voor rood en groen toch, kunnen wel beide, in dezelfde verhouding, verhoogd of verlaagd zijn. Een „Gleichheit”, zegt v. Hess, sluit geen „Unter” of „Ueber-wertigkeit” uit. ☒ De absolute gevoeligheid voor een bepaalde kleur noemt v. Hess de „Wertigkeit” voor die kleur en hij onderscheidt dus „Unter” en „Ueberwertigkeiten”. Omtrent de verhouding van de gevoeligheden voert hij de benaming „Gleichheit” in wanneer deze verhouding gelijk is aan de normale, „Ungleichheit” wanneer deze daarvan afwijkt. Al naarmate dan het rood of het groen overweegt, spreekt hij van „relatieve roodzichtigheid” en „relatieve groenzichtigheid”. Zoowel voor de theorie als voor de practijk komt het er op aan te weten of de absolute gevoeligheid boven of onder de norm is of, om met v. Hess te spreken, „über”- of „unterwertigkeit” bestaat. Het is om dit uit te maken, dat v. Hess de *kleurenperimetrie* als methode van kleurenzin onderzoek heeft uitgevoerd. Wel is waar is zij niet de eenige door hem voor dit doel gebruikte methode, maar hij hecht toch aan de uitkomsten der kleurenperimetrie een zeer groote waarde. Von Hess meent nl. dat elke aangeboren beperking van het gezichtsveld voor een bepaalde kleur steeds gepaard gaat met een geringe gevoeligheid voor die kleur in het centrum van het gezichtsveld, met een verhooging dus van de specifieke drempel voor die kleur. Hij stelt zich daarbij voor, dat de graad der gezichtsveldbeperking een maat is voor de verhooging van de drempel in 't centrum. Een strikt bewijs van de juistheid van deze opvatting geeft v. Hess niet. Wel tracht hij haar aannemelijk te maken door de bij een zeker aantal gevallen verkregen resultaten te vergelijken met die, verkregen met andere methodes van onderzoek, waarvan de doeltreffendheid echter evenmin onomstootelijk vast staat. ☒ Bij de kleurenperimetrie gaat hij als volgt te werk: Hij bepaalt de grenzen van het gezichtsveld voor twee „tegenkleuren” in de horizontale buitenste meridiaan van 't rechteroog en stelt de aldus bij normalen gevonden waarde gelijk 1. De waarde op dezelfde wijze bij abnormalen gevonden stelt hij voor als een gedeelte van het normale, in de vorm van een tiendeelige breuk. Is het gezichtsveld voor geel op deze wijze uitgedrukt 0.33, dan wil dat dus zeggen, dat het slechts $\frac{1}{3}$ van 't normale gezichtsveld is. Het is de aldus gevonden breuk, in ons geval 0.33, die v. Hess de „Wertigkeit” voor die kleur noemt. Is de „Wertigkeit” voor twee

„tegenkleuren” gelijk, dan komt dat dus overeen met den toestand van „Gleichheit”. ☒ Behalve de kleurenperimetrie is er nog een andere methode van onderzoek die v. Hess voor 't bepalen der „Wertigkeiten” heeft gebruikt. Deze methode komt neer op 't bepalen van de *instelbreedte* van de vergelijking van Rayleigh. Uit groen en rood laat v. Hess hier een kleurloos mengsel samenstellen en bepaalt nu de hoeveelheid rood of groen, die hieraan nog kan worden toegevoegd voor dat de betrokken kleur in 't mengsel als zoodanig wordt herkend. Voor normalen is deze hoeveelheid betrekkelijk gering, bij „Unterwertigkeit” veel grooter. V. Hess. gebruikt voor dit onderzoek geen spectraal licht maar gekleurde papieren en een kleurentol. Tot welke uitkomsten heeft nu de toepassing van deze methodes van onderzoek geleid? Von Hess onderzocht eerst de dichromaten. Hij ging na hoe het met de blauw-geel-„wertigkeiten” gesteld was bij rood- en groenblinden. Hij vond bij *roodblinden* steeds blauw-geel-„gleichheit” en „Unterwertigkeit”. Echter verschilde de graad dezer „Unterwertigkeit” bij verschillende individuen zéér. Vaak was het verschil tusschen twee roodblinden in dit opzicht grooter, dan tusschen een roodblinde en een groenblinde. Sommige roodblinden hadden een dergelijke graad van „Unterwertigkeit” voor blauw-geel, dat ze eigenlijk als staande tusschen de dichromaten en de totaal kleurenblinden moesten beschouwd worden. Bij *groenblinden* vond hij ook altijd blauw-geel-„gleichheit”. Echter bestond hier geen „Unter”- maar öf „Ueber”- öf „Normal-wertigkeit”. Ook hier bleken groote verschillen te bestaan tusschen de individuen onderling. ☒ Daarna onderzocht von Hess wat hij noemt de „individuelle Verschiedenheiten des Farbensinnes”. Hij rekent hiertoe in de eerste plaats de groep der „Ungleichheit” en wel speciaal de rood-groen *ungleichheit*”. Als criterium geldt een onjuiste instelling van de vergelijking van Rayleigh of daarmee overeenkomende onderzoekingsmethodes. V. Hess onderscheidt dus de *relatieve roodzichtigheid* en de *relatieve groenzichtigheid*. Beide groepen heeft hij onderzocht op de blauw-geel gewaarwordingen. Bij beide vond hij ten naaste bij blauw-geel-„gleichheit”. Wat de „Wertigkeiten” aangaat, deze bleken vrijwel, althans binnen zeer wijde grenzen, onafhankelijk te zijn van de rood-groen „wertigkeiten” zoodat men naast gevallen van sterke „Unterwertigkeit” voor groen en rood met onbetekenende blauw-geel-„unterwertigkeit” gecombineerd, gevallen vond, waarin geringe rood-groen „unterwertigkeit” gepaard ging met sterke blauwgeel „unterwertigkeit”. Ook vond v. Hess bij een

relatief roodzichtige „Ueberwertigkeit” voor alle kleuren. Von Hess wijst er met nadruk op, dat het verkeerd is bij onjuiste instelling van de vergelijking van Rayleigh te spreken van „kleurenzwakte” zooals Donders en Guttman dat doen. Daarom is ook Guttmanns conclusie, dat bij de anormale trichomaten (voor Guttman identiek van kleurenzwakken) alle drempels verhoogd zijn, onjuist naar von Hess meent. ☒ Hiermee heb ik in 't kort de opvattingen van von Hess weergegeven en daarbij de voornaamste resultaten zijner onderzoekingen vermeld. Men zal moeten toegeven dat zijn beschouwingen omtrent de waarde van de vergelijking van Rayleigh volkomen logisch zijn. Inderdaad, het is juist, dat men bij het kleurenzinonderzoek, voor zoover dat althans direct met het oog op de practijk wordt ondernomen (keuring), den nadruk moet leggen op de absolute waarde der gevoeligheid voor de een of andere lichtsoort en dat de anomaloscoop ons daaromtrent geen opheldering kan geven. ☒ Aan den anderen kant, de practijk heeft nu eenmaal geleerd, dat de anomaloscoop, in spijt van theoretische bezwaren, een waardevol hulpmiddel is bij het kleurenzinonderzoek en dat een abnormale instelling van de vergelijking van Rayleigh een verschijnsel is, dat bij menschen met stoornissen van den kleurenzin onvergelykelyk veel vaker voorkomt, dan bij personen met overigens normalen kleurenzin. Rood en groen zijn voor het practische leven (bijv. bij het verkeer) twee belangrijke kleuren en daarom zal men, ook al is men geen aanhanger van Herings theorie toch kunnen meegaan met het denkbeeld van von Hess om de wederkeerige verhouding dezer gewaarwordingen in de terminologie tot uiting te brengen.

Naar de terminologie van von Hess nu onderscheidt men:¹⁾

1. Totaal kleurenblinden
 2. Roodblinden
 3. Groenblinden
 4. Relatief groenzichtigen
 5. Relatief roodzichtigen
- } beiden rood-groen blind

Het nieuwe van dit stelsel is dus voornamelyk gelegen in de benamingen voor de „individuelle Verschiedenheiten des Farbensinnes”.

Na deze uiteenzetting omtrent de oude en de nieuwste klassificeeringen van de aangeboren afwijkingen van den kleurenzin, doet zich nu de vraag voor of wij op grond van den uitslag der drempelmetingen aan

¹⁾ Schmitt-Auracher, Nachruf auf Carl von Hess, München 1924.

één dezer stelsels de voorkeur moeten geven. ☒ Waarom uit louter theoretisch oogpunt geen dezer stelsels voldoet zette ik hierboven reeds uiteen. Dat ook van experimenteel standpunt geen dezer systemen kan worden aanbevolen, zal ik met wat volgt trachten aan te toonen. ☒ Van een rationeele nomenclatuur mag men verwachten, dat niet alleen de benaming zelve ons iets zegt omtrent de aard der afwijking en deze karakteriseert, maar ook, dat analoge benamingen overeenkomen met analoge afwijkingen. Wanneer men spreekt van „roodblindheid” en van „groenblindheid” dan verwacht men, dat met deze namen zijn aangeduid afwijkingen die van dezelfde soort zijn. Dit nu is, ieder onderzoeker van aangeboren kleurenzinafwijkingen weet het en bij het onderhavige onderzoek is het nog eens ten overvloede gebleken, in geen en deele het geval. ☒ Bij „roodblindheid” (Helmholtz) (= protanopie (v. Kries) bestaat werkelijk in zeker opzicht blindheid voor rood licht. Bij „groenblindheid” bestaat geen eigenlijke blindheid voor groen licht. In ieder geval is, voor zoover men dan al van „blindheid” wil spreken, deze groen-blindheid van geheel anderen aard dan de „roodblindheid”. Bovendien, Hering heeft hierop het eerst gewezen, is bij „roodblindheid” de afwijking evenmin uitsluitend tot het rood beperkt, als bij groenblindheid tot het groen. Beter is dan ook Herings uitdrukking „rood-groen blindheid”, maar toch onderscheidt Hering zoowel als v. Hess van deze „rood-groen blindheid” twee soorten en betitelen zij beide vormen toch weer met de gewraakte benamingen. Daarenboven zijn, volgens v. Hess, de individuele verschillen tusschen „roodblinden” onderling vaak grooter dan de verschillen tusschen „rood-” en groenblinden”. ☒ Met mijn onderzoek meen ik te hebben aangetoond, dat ook tusschen de individuen, die volgens de gangbare opvattingen in de groep der „groenblinden” (deutanopen) thuishooren, zulke groote verschillen bestaan, dat het niet aangaat hen als van één soort te beschouwen. Wat de andere afwijkingen van den kleurenzin aangaat, de anormale trichromaten (König) de kleurenzwakken (Donders-Guttman) en (of) de „individuelle Verschiedenheiten” (v. Hess), hier heerscht een verwarring, waarin dan laatstelijk v. Hess getracht heeft eenige regemaat te brengen.

Onder deze omstandigheden meende ik, aan het eind van dit onderzoek gekomen, een poging te mogen doen een voorbeeld te geven van de wijze waarop naar mijn inzien een rationeele terminologie zou kunnen worden ontworpen.

Het in Hoofdstuk IV beschreven onderzoek heeft ons gesterkt in de overtuiging van de juistheid der veronderstelling, dat een abnormale kleurenzin samengaat met een abnormale gevoeligheid van ons gezichtsorgaan voor lichtstralen van verschillende golflengte. In alle door mij onderzochte gevallen waar aan de abnormaliteit van den kleurenzin niet te twifelen viel (op grond van een onderzoek met oudere methodes), bleek de gevoeligheid voor de drie gebruikte lichtsoorten altijd merkbaar, vaak aanzienlijk, van de norm af te wijken. *Het mag daarom rationeel genoemd worden de drempel-meting als grondslag voor een stelsel van benamingen aan te nemen.* Wij zagen, hoe door dit onderzoek het reeds bekende bestaan van twee soorten drempels werd bevestigd. Deze drempels werden, eenvoudigheidshalve, de „licht”- en de „kleur”drempel genoemd. Wij zagen voorts hoe, bij normale personen, beide drempels binnen betrekkelijk enge grenzen schommelen. ☒ Ook vonden wij, dat de hoogte der kleurdrempels voor rood en groen licht, twee voor de practijk belangrijke stralensoorten, bij „normalen” in bepaalde verhouding tot elkaar staan, welke verhouding bij „abnormalen” vaak belangrijk van de norm afwijkt. Wij kunnen daarom bij de te ontwerpen terminologie ook met dezen factor, op het belang waarvan von Hess gewezen heeft, rekening houden.

Op grond van deze overwegingen kwam ik tot de volgende

REGELS VOOR EEN TERMINOLOGIE DER KLEURENZIN AFWIJKINGEN

1. Men richte zich naar de drempels voor een beperkt aantal (b.v. drie) enkelvoudige stralensoorten uit het zichtbare zonnenspectrum, gekozen uit zoo regelmatig mogelijk over dat spectrum verdeelde gebieden.
2. Men noeme „— lichtblindheid” den toestand van te hooge „licht”-drempel voor een bepaalde stralensoort.
3. Men noeme „— kleurblindheid” den toestand van, ten opzichte van den lichtdrempel, te hooge „kleur”drempel, d.i. dus te hoog photochromatisch interval voor een bepaalde lichtsoort.
4. Men noeme „relatieve (rood of groen) — zichtigheid” den toestand waarbij de „kleur”drempel voor groen of rood overweegt.

Aldus is het mogelijk elke kleurenzinafwijking met behulp van enkele uitdrukkingen te karakteriseeren. Bij het gebruik der benamingen houde men in het oog, dat daarmee wordt aangegeven *de afwijking*

van de norm en verder, dat het mogelijk is de graad eener afwijking in een getal uit te drukken. De gegeven benamingen zijn niet anders dan de consequentie van het beginsel door von Hess op zijn „individuelle Verschiedenheiten” toegepast. Voor deze afwijkingen komen dan ook mijn namen met de zijne overeen. Voor de „kleurenblinden” paste ik hetzelfde principe toe, terwijl von Hess daar op een kleurenzin-theorie, en wel op die van Hering, steunde.

Tot welke resultaten leidt nu een op deze regels gebaseerde terminologie? Voor de juiste waardeering der ontworpen benamingen meen ik het best te doen de door mij onderzochte „abnormalen” nog eens de revue te laten passeeren door eerst van elk de reeds eerder gegeven „Samenvatting” te vermelden en daarna als conclusie de nieuwe naam te laten volgen. Teneinde de vergelijking met de nomenclatuur van von Kries te vergemakkelijken zal ik eerst vermelden de *deuteranomalien*, d. z. nrs. 19, 26, 29, 30 en 35 en daarbij ook nr. 10 voegen, dan volgen de *deuteranopen* nrs. 22, 27, 33, 34 en 25, daarna de *protanomaal* nr. 44 en eindelijk de *protanoop* nr. 28.

Nr. 19. SAMENVATTING:

Volgens de anomaloscoop: deuteranomalie. Met Stilling geen fouten. Normale drempelwaarden.

CONCLUSIE:

Normale kleurenzin.

Nr. 26. SAMENVATTING:

Volgens anomaloscoop deuteranomalie. Volgens Stilling: twijfelachtig. Volgens drempelmeting: voor groen normale lichtgevoeligheid met geringe vermindering der kleurgevoeligheid. Verhouding R/G der kleurdrempels normaal.

CONCLUSIE:

Groenkleurblindheid..

Nr. 29. SAMENVATTING:

Volgens anomaloscoop: deuteranomalie. Volgens Stilling: twijfelachtig. Volgens drempelmeting: voor groen normale lichtdrempel met belangrijke verhooging der kleurdrempel. Voor de kleurdrempels is R/G te klein.

CONCLUSIE:

Groenkleurblindheid met relatieve roodzichtigheid.

Nr. 30. SAMENVATTING:

Volgens anomaloscoop: deuteranomalie. Volgens Stilling: normaal. Volgens drempelmeting: voor groen bijna normale lichtdrempel met flinke verhooging van den kleurdrempel. Voor de kleurdrempels is R/G te klein.

CONCLUSIE:

Groen kleurblindheid met relatieve roodzichtigheid.

Nr. 35. SAMENVATTING:

Volgens anomaloscoop: deuteranomalie. Volgens Stilling: normaal. Volgens drempelmeting: voor groen geringe verhooging van den lichtdrempel met overeenkomstige verhooging van den kleurdrempel. Voor de kleurdrempels is R/G te klein.

CONCLUSIE:

Groenlichtblindheid (gering) met relatieve roodzichtigheid.

Nr. 10. SAMENVATTING:

Volgens anomaloscoop normaal. Met Stilling kleine fouten. Volgens drempelmeting: Voor groen lichtdrempel normaal, kleurdrempel verhoogd. Voor de kleurdrempels is R/G normaal.

CONCLUSIE:

Groen kleurblindheid.

Nr. 22. SAMENVATTING:

Volgens anomaloscoop en Stilling: deuteranopie. Volgens drempelmeting: voor groen normale lichtdrempel met belangrijk te hoge kleurdrempel, voor rood soortgelijke toestand, kwantitatief evenwel in tien maal geringer graad. Voor de kleurdrempels is R/G veel te klein.

CONCLUSIE:

Rood en groen kleurblindheid met sterke relatieve roodzichtigheid.

Nr. 27. SAMENVATTING:

Volgens anomaloscoop: deuteranopie (er werden twee vergelijkingen gemaakt die ook een protanomaal bevredigen). Volgens Stilling: deuteranopie. Volgens drempelmeting: Voor groen bijna normale lichtdrempel, zeer sterke verhooging van den kleurdrempel, voor rood duidelijke vermindering der lichtgevoeligheid met overeenkomstige vermindering der kleurgevoeligheid. Voor de kleurdrempels is R/G uiterst klein.

CONCLUSIE:

licht roodblindheid met groen kleurblindheid en totale (?) relatieve roodzichtigheid.

Nr. 33. SAMENVATTING:

Volgens anomaloscoop en Stilling: deuteranopie. Volgens drempel-meting: duidelijke verhooging der lichtdrempels voor rood, groen en violet; voor rood sterke verhooging van den kleurdrempel; voor groen buitengewoon sterke verhooging van den kleurdrempel. Voor de kleurdrempels is R/G uiterst klein.

CONCLUSIE:

Algemeene lichtblindheid (gering) met rood- en groenkleurblindheid en totale (?) relatieve roodzichtigheid.

Nr. 34. SAMENVATTING:

Volgens anomaloscoop en Stilling: deuteranopie. Volgens drempel-meting: voor rood en groen geringe vermindering der lichtgevoeligheid met buitengewoon sterke vermindering der kleurgevoeligheid. Voor de kleurdrempels is R/G niet te bepalen.

CONCLUSIE:

Rood- en groenlichtblindheid met absolute (?) rood- en groenkleurblindheid.

Nr. 25. SAMENVATTING:

Volgens anomaloscoop: deuteranopie. Volgens Stilling: deuteranopie (met protanomalie?). Volgens drempel-meting: voor groen bijna normale lichtdrempel met duidelijk te hoge kleurdrempel. Voor rood normale lichtdrempel met sterk verhoogde kleurdrempel. Voor de kleurdrempels is R/G abnormaal hoog.

CONCLUSIE:

Rood- en groenkleurblindheid met relatieve groenzichtigheid.

Nr. 44. SAMENVATTING:

Volgens anomaloscoop: protanomalie. Volgens Stilling: normaal. Volgens drempel-meting: voor rood licht verhoogde lichtdrempel met overeenkomstige verhooging der kleurdrempel. Voor de kleurdrempels is R/G te hoog.

CONCLUSIE:

Roodlichtblindheid (gering) met relatieve groenzichtigheid.

Nr. 28. SAMENVATTING:

Volgens anomaloscoop en Stilling: protanopie. Volgens drempel-meting: voor rood sterke vermindering der lichtgevoeligheid met nog iets sterkere vermindering der kleurgevoeligheid; voor groen lichtgevoeligheid, iets lager dan normaal, met overeenkomstige vermindering der kleurgevoeligheid.

CONCLUSIE:

Roodlichtblindheid met roodkleurblindheid en sterke relatieve groenzichtigheid.

In dit stelsel van benamingen zou verder de term *normale kleurenzin* behooren, voor wat normale trichromasie genoemd wordt, terwijl de z.g. totale kleurenblindheid of monochromasie overeenkomstig de hierboven ontwikkelde principes waarschijnlijk als *roodlichtblindheid met algemeene kleurblindheid* aangeduid zou kunnen worden.

Na hiermee te hebben aangegeven op welke wijze naar mijn meening een rationeele nomenclatuur zou kunnen worden verkregen, resten mij nog enkele beschouwingen tot slot. ☒ Bij de bespreking van den uitslag van het eigen onderzoek heb ik vermeld, hoe de onderzochte individuen verdeeld werden in twee groepen die in „normalen” en „abnormalen” noemde. De vraag doet zich voor, of de grenslijn van deze vrij willekeurige scheiding, nu ook gevonden wordt op de plaats waar men haar uit theoretisch oogpunt zou mogen verwachten. Anders gezegd zijn mijn „normalen” werkelijk normale individuen, zijn mijn „abnormalen” werkelijk abnormaal? ☒ De eigenschappen van den kleurenzin, die men bij het kleurenzinonderzoek leert kennen, moeten elk voor zich beschouwd worden als de resultante van een zeer samengesteld complex van factoren. Van enkele van deze factoren is de invloed op den kleurenzin bekend. Zoo weet men b.v., dat in de gele vlek een deel der „blauwe” stralen geabsorbeerd wordt en dat deze absorptie niet voor alle individuen dezelfde is. Men kent een soortgelijke absorptie in de lens bij oudere individuen. Men weet dat deze individueele variaties der absorptie zich zullen demonstreeren als variaties in de gevoeligheid voor „blauw” licht en het is duidelijk dat, wanneer toevalligerwijze een sterk absorbeerende gele vlek zich combineert met een sterk absorbeerende lens, het individu een kleurenzin zal vertoonen met zeer „abnormale” eigenschappen. Dat andere, minder perifeer werkende, factoren op overeenkomstige wijze hun invloed kunnen doen gelden op de eigenschappen van den kleu-

renzin ligt voor de hand. ☒ Daarom moet men rekening houden met de mogelijkheid, dat een „abnormale” kleurensin ontstaat, als gevolg van een ongunstige combinatie van individuele variaties van in aanleg normale eigenschappen. Daarnaast bestaat de mogelijkheid van het voorkomen van in aanleg abnormale kleurensintypes. In verband hiermee is het gewenscht het vraagstuk te beschouwen in het licht van de erfelijkheidsleer. Daar maakt men onderscheid tusschen het geheel van aangeboren, erfelijke eigenschappen, het *genotype* van een individu, en het complex van uitwendig aantoonbare eigenschappen, dat *phaenotype* genoemd wordt. — Het phaenotype ontstaat tengevolge van de inwerking van uitwendige invloeden en kan men zich voorstellen als het product van genotype en levensomstandigheden. Wat wij met de gewone methodes van onderzoek aantoonen zijn eigenschappen van het phaenotype. Omtrent het genotype kan men iets te weten komen of door erfelijkheidsonderzoek, of door statistisch onderzoek van zeer veel individuen. De laatste methode laat slechts het trekken van waarschijnlijkheidsconclusies toe. — Men kan nu het voorkomen van afwijkingen van den „normalen kleurensin” op verschillende wijze verklaren.

A. Men kan zich namelijk voorstellen, dat de „normale” individuen allen behooren tot één en hetzelfde genotype voorzoover de essentiele kenmerken van hun kleurensin aangaat. ☒ Een „abnormale” kleurensin kan dan ontstaan:

- a. als individuele variatie bij het normale genotype
- b. door individuele variaties der bij-omstandigheden (zie boven).

B. Maar ook kan men zich voorstellen, dat de „abnormale” individuen de vertegenwoordigers zijn van één of meer abnormale genotypes. Deze laatste toestand kan dan nog weer gecombineerd zijn met variaties der bij-omstandigheden.

Welke van de mogelijkheden A of B op mijn „abnormalen” toepasselijk is, kan ik *met zekerheid* niet uitmaken. Want over gegevens omtrent de erfelijkheid beschikte ik niet. Wel kan ik van de meeste van mijn „dichromaten” zeggen, dat zich daarbij een abnormaal genotype *vermoeden* laat. Hier toch waren de afwijkingen van de (phaenotypische) norm zóó groot, dat zij moeilijk als individuele variaties bij eenzelfde genotype beschouwd konden worden. Dit komt overeen met het feit, dat van de „dichromasie” de erfelijkheid in vele gevallen bewezen is.¹⁾ Of we hier dan met één of meer

¹⁾ Zie bijv.: Döderlein, Ueber die Vererbung der Farbensinnstörungen Arch. f. Augenh. 90 (1922) blz. 1.

abnormale genotypes te doen hebben? Mijn vermoeden gaat in de richting van het laatste. ✎ De meeste onderzoekers verdeelen de „dichromaten” in twee groepen met belangrijk verschillende eigenschappen, „roodblinden” en „groenblinden”. Von Hess vond bij de „roodblinden” belangrijke onderlinge verschillen. Mijn eigen onderzoek toonde dit voor de „groenblinden” aan. Dit alles pleit voor het bestaan van verschillende abnormale genotypes binnen de groep die thans nog algemeen als „dichromasie” wordt aangeduid. Wat mijn „anomalen” aangaat, de afwijkingen van de norm waren hier meestal gering; in ieder geval veel kleiner dan bij de „dichromaten.” Gezien dit feit, schijnt het geenszins onmogelijk, dat de „anomalieën” moeten worden beschouwd als individueele variaties bij het normale genotype. Omtrent de erfelijkheid van deze afwijkingen zijn nog weinig onderzoekingen verricht. Verder moet het nog als twijfelachtig beschouwd worden of mijn „normalen” de vertegenwoordigers zijn van slechts één genotype. Het feit, dat hun drempelwaarden zich vrij regelmatig laten rangschikken ter weerszijden van een bepaald gemiddelde, sluit de mogelijkheid van meer dan één genotype niet uit. Ook hier zou eerst een erfelijkheidsonderzoek zekerheid kunnen brengen. Wij zien dus, dat mijn onderzoek geen antwoord kan geven op de vraag wat in strikt biologische beteekenis normaal, wat abnormaal is. ✎ Voor het practische kleurensin onderzoek is dit echter van minder belang dan het feit, dat individuen die met Stillings platen en met den anomaloscoop fouten maken, óók „abnormale” drempelwaarden blijken te vertoonen.

VI. SLOTSOMMEN

1. Het is mogelijk met behulp van drempelwaardebepalingen, te verrichten door middel van een op de fovea centralis retinae geplaatste, kortdurende lichtprikkels van veranderbare sterkte en bepaalde uitbreiding en samenstelling, te komen tot kwantitatieve bepaling van den kleurenzin.
2. Voor een bepaald individu is de hoogte dezer drempels afhankelijk van golflengte, belichtingstijd, pupilwijdte, adaptatietoestand en simultaan contrast.
3. De drempels van een aantal „normale” individuen vertoonen, gegeven de andere omstandigheden, een variabiliteit, die van de golflengte afhankelijk is.
4. „Normale” individuen verschillen onderling weinig in gevoeligheid voor „rood” licht; evenmin in gevoeligheid voor „groen” licht.
5. „Normale” individuen kunnen onderling belangrijk verschillen in gevoeligheid voor „violet” licht.
6. Door drempelwaardebepalingen bij een aantal „normale” individuen kan men normen van den „normalen kleurenzin” vast stellen.
7. De verhouding tusschen „kleur”- en „licht”-drempel („l'intervalle photochromatique” van Charpentier) is afhankelijk van golflengte, belichtingstijd, adaptatietoestand en simultaan contrast en is, gegeven deze omstandigheden, voor „normale” individuen, een constante grootte.
8. Bij „normale” individuen is de invloed van den belichtingstijd op de drempelwaarden voor alle golflengten ten naastenbij even groot (hoewel voor „groen” licht deze invloed iets afwijkt).
9. Bij „normale” individuen bestaat er een bepaalde verhouding tusschen de drempels voor „rood” en die voor „groen” licht.
10. Door een sterk verlicht, wit, omringend contrastveld worden de drempels voor „groen” licht meer verhoogd dan die voor „rood” en „violet” licht.
11. Individen die, onderzocht met Stillings pseudo-isochromatische platen en met Nagels anomaloscoop abnormaliteiten van den

kleurenzin vertoonen, onderscheiden zich ook in hun drempelwaarden van „normale” individuen.

12. Bij „deuteranomalie” vindt men een geringe relatieve of absolute verhooging van den „kleur” drempel voor „groen” licht.

13. Bij „deuteranopie” vindt men abnormale drempels zoowel voor „rood” als „groen” licht en wel normale of weinig verhoogde „licht”-drempels met weinig tot sterk verhoogde „kleur”-drempels, terwijl òf de afwijking voor „rood” òf die voor „groen” overheerscht.

14. Bij „protanopie” vindt men een sterk verhoogde „licht” drempel voor „rood” licht.

15. Bij „protanomalie” vindt men een weinig verhoogde „licht”-drempel voor „rood” licht.

16. Het is onjuist de nomenclatuur der kleurenzinafwijkingen te doen berusten op een theorie van den kleurenzin waarvan de juistheid niet vast staat.

17. Drempelwaardebepalingen bij beperkten belichtingstijd, vormen een rationeelen grondslag voor een terminologie der kleurenzinafwijkingen.

18. Vergeleken met Nagels anomaloscoop is het door von Hess aanbevolen toestel voor het onderzoek van den kleurenzin (Arch. f. Augenheilk. Bd 86 1920 blz. 226) geen verbetering.

VII. GERAADPLEEGDE LITERATUUR

Angier:

Ueber den Einfluss des Helligkeitskontrastes auf Farbenschwellen. Zeitschr. f. Psych. u Phys. 41, blz. 353.

Blok:

Kleuronderscheidingsvermogen in Nederland. Med. Weekblad, Aug. 1902.

Boehm:

Ueber physiologische Methoden zur Prüfung der Zusammensetzung gemischter Lichter. Zeitschr. f. Psych. u Phys. 42, blz. 151.

Bosscha-Sissingh:

Leerboek der Natuurkunde. Leiden 1902.

Boswell:

Ueber den Einfluss des Sättigungsgrades auf die Schwellenwerte der Farben. Zeitschr. f. Psych. u Phys. 41, blz. 364.

Broca:

Sur la vision des signaux colorés et les épreuves de la perception colorée. Ann. d'Ocul. 1902, blz. 265.

Charpentier:

Le sens de la lumière et le sens des couleurs. Arch. d'Ophthalm. 1881 T 1 blz. 48.

La sensibilité lumineuse dans la fovea centralis. Arch. d'Ophthalm. 1896 Juin.

Sur les phénomènes retiniens. Rapport présenté au congrès international de physique. Ann. d'Ocul. 1903, blz. 375.

Coblentz and Emerson:

Relative visibility of radiation. Bull. Bur. of Standards (14) 1919.

Cordeiro:

Ueber Farbenempfindung. Zeitschr. f. Psych. u. Phys. 42, blz. 379.

Dieter:

Ueber das Purkinjesche Phänomen im Stäbchenfreien Bezirk der Netzhaut. v. Graefes Arch. 113, blz. 156.

Döderlein:
Ueber die Vererbung von Farbensinnstörungen. Arch. f. Augenh. 1922
blz. 1.

Donders:
De quantitatieve bepaling van het kleuronderscheidingsvermogen.
Utrecht 1877.

Fröhlich-Bonn:
Grundzüge einer Lehre von Licht und Farbensinn. Jena 1921.

Graefe-Saemisch:
Handbuch der gesamten Augenheilkunde. Leipzig 1907.

Guttmann:
Untersuchungen über Farbenschwäche.
Zeitschr. f. Psych. u Phys. 42, blz. 24 en 250.
„ „ „ „ „ 43, blz. 164, 199 en 255.

v. Hess:
Untersuchungen über den Erregungsvorgang im Seh-organ bei kurz
und langer dauernde Reize. Pflügers Arch. 101 (1904) blz. 240.
Einfache Apparate zur Untersuchung des Farbensinnes und seiner
Störungen. Arch. f. Augenh. 1920, blz. 222.
Die angeborenen Farbensinnstörungen und das Farbengesichtsfeld.
Arch. f. Augenh. 1920, blz. 317.
Das Farbensehen der Anomalen. Arch. f. Augenh. 1922, blz. 129.
Zwischenstufen zwischen partieller und totaler Farbenblindheit. Arch.
Neerl. de Phys. VII (1922) blz. 179.
Farbenlehre. München 1922.

Holst:
Electrische lichtbronnen en hare eigenschappen. Haarlem 1920.

König:
Die Funktion der Netzhaut beim Sehakt, biophysikalische Hypothese.
Zeitschr. f. Psych. u Phys. 42, blz. 424.

Köllner:
Die Störungen des Farbensinnes. Berlin 1912.

Krarup:
Physisch-ophthalmologische Grenzprobleme. Leipzig 1906.

Lieneman:

Over de helderheid der kleuren. Proefschrift, Amsterdam 1914.

Löser:

Ueber den Einfluss der Dunkeladaptation auf die Spezifische Farbenschwelle. Zeitschr. f. Psych. u. Phys. 36 blz. 1.

Lohmann:

Ueber Helladaptation. Zeitschr. f. Psych. u. Phys. 41 blz. 290.

Die Störungen der Sehfunktionen. Leipzig 1912.

v. Maltzew:

Ueber individuelle Verschiedenheit der Helligkeitsverteilung im Spektrum. Zeitschr. f. Psych. u. Phys. 43 blz. 76.

v. Marle:

Praktische waarde van eenige methoden van onderzoek naar kleurenblindheid. Proefschrift Amsterdam 1904.

Nagel:

Zwei Apparate für die Augenärztliche Funktionsprüfung. Zeitschr. f. Augenh. 17 H. 3.

Nagel und Schaefer:

Ueber das Verhalten der Netzhautzapfen bei Dunkeladaptation des Auges. Zeitschr. f. Psych. u. Phys. 34.

Parinaud:

Détermination de la sensibilité pour la lumière et les couleurs. Ann. d'Ocul. 1881 blz. 127.

Les nouvelles idées sur la fonction de la rétine. Arch. d'Ophthalm. 1896 blz. 87.

Parson:

Colour vision. Cambridge 1915.

Petronievs:

Ueber den Begriff der Zusammengesetzten Farbe. Zeitschr. f. Psych. u. Phys. 43 blz. 364.

Révész:

Ueber die Abhängigkeit der Farbenswellen von der Achromatischen Erregung. Zeitschr. f. Psych. u. Phys. 41 blz. 1.

Ueber die vom Weiss ausgehende Schwächung der Wirksamkeit farbiger Lichtreize. Zeitschr. f. Psych. u. Phys. 41 blz. 102.

Ueber den Einfluss des Helligkeitskontrastes auf Farbenswellen.
Zeitschr. f. Psych. u. Phys. 41 blz. 353.

Ueber das kritische Grau. Zeitschr. f. Psych. u. Phys. 43 blz. 345.

Rosmanit:

Anleitung zur Feststellung der Farbentüchtigkeit. Leipzig und
Wien 1914.

Sauvigneaux:

Echelle centésimale pour la mensuration du sens chromatique. Ann.
d'Ocul. 1908 blz. 13.

Sirks:

Handboek der algemeene erfelijkheidsleer.

Schoute:

Waarnemingen met een enkelen netvlies kegel. Proefschrift
Leiden 1898.

Schmitt-Auracher;

Nachruf auf Carl von Hess. München 1924.

Stillings pseudo-isochromatische Tafeln zur Prüfung des Farbensinnes.
Auflage 14.

Tange:

Onderzoek naar het kleuronderscheidingsvermogen in Nederland.
Amsterdam 1910.

Vaughan und Boltunow;

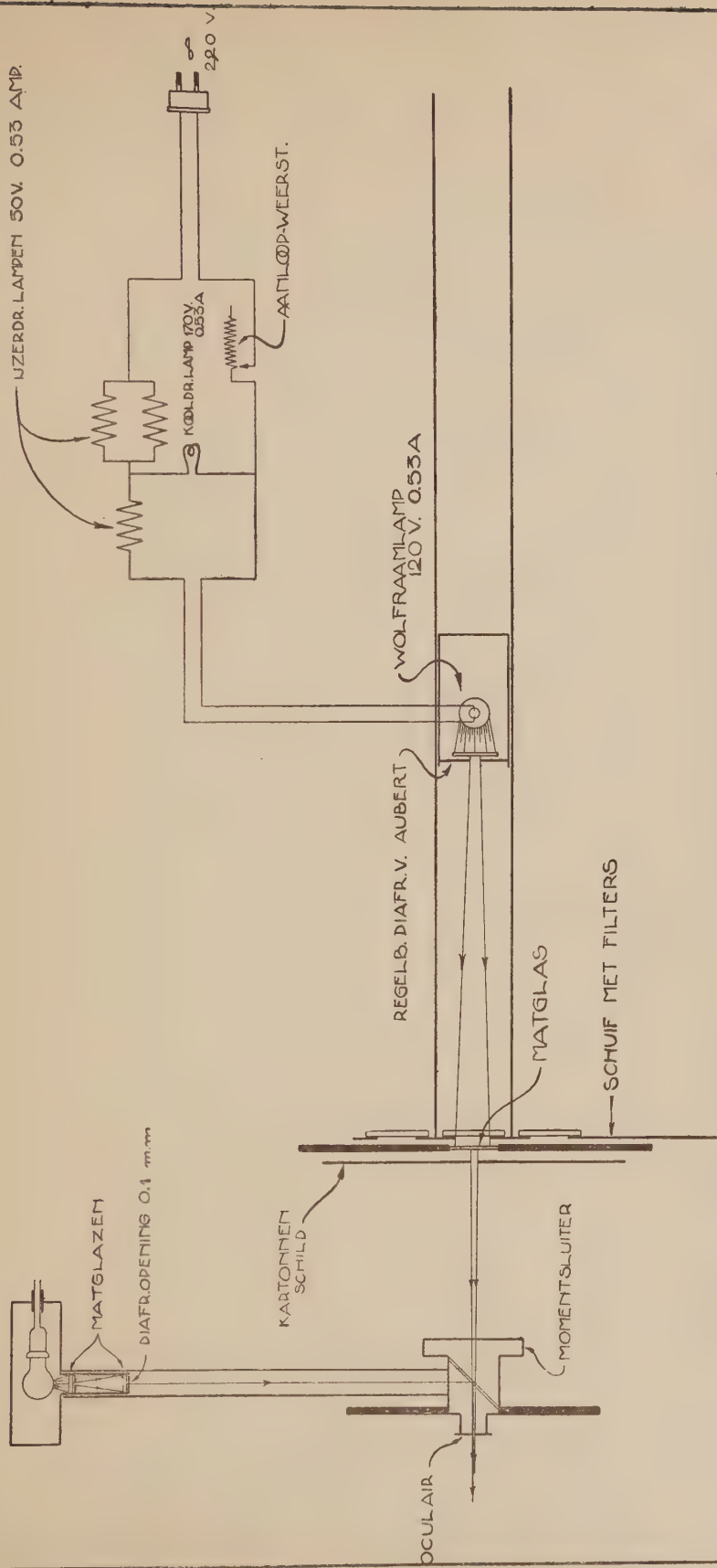
Ueber die Verteilung der Empfindlichkeit für farbige Lichter auf den
helladaptierten Netzhaut. Zeitschr. f. Psych. u. Phys. 42 blz. 1.

Wölfflin:

Ueber zwei neue Untersuchungsmethoden von Farbenanomalien. Arch.
f. Augenh. 1923 blz. 223.

Zeeman en Weve:

Een toestel tot onderzoek van den kleurenzin. Ned. Tijdschr. v.
Gen. 1911 I nr. 10.



ZIE TEKST SCHEMA VAN HET VOOR MIJN ONDERZOEK GEBRUIKTE TOESTEL.

TABELLEN

Tabel 1.

	V	G	R
λ	76	74	70
400			
10			
20	1.8		
30	6.5		
40	8.6		
50	8.0		
60	5.0		
70	1.5		
80			
90			
500			
10			
20		1.60	
30		5.6	
40		4.0	
50		1.2	
60			
70			
80			
90			
600			
10			
20			
30			
40			
50			0.4
60			7.6
70			19.6
80			34.0
90			39.0
700			45.5
λ	76	74	70

De getallen geven aan de doorgelaten energie uitgedrukt in percenten van de op die golflengte voorhanden hoeveelheid.

(Wratten Light Filters 3rd Ed. Rev. Londen 1916.)

Dr. C. Otto Roelofs.

	R				G				V				
	I/5		I/50		I/5		I/50		I/5		I/50		
	L	K	L	K	L	K	L	K	L	K	L	K	
I	19	19	68	68	12	12	40	40	760	760	3360	3360	
2	16	16	104	104	11	23	76	104	890	890	4450	4450	
3	9	9	59	68	6	11	46	53	760	760	4450	4450	
4	23	29	104	104	12	20	46	53	760	760	4450	4450	
5	25	25	104	104	16	25	53	83	760	760	4700	4700	
G	18	20	88	90	11	18	52	67	786	786	4282	4282	
L	9	9	59	68	6	11	40	40	760	760	3360	3360	
H	25	25	104	104	16	25	76	104	890	890	4700	4700	
I/G	0.5	0.5	0.7	0.8	0.5	0.6	0.8	0.6	I	I	0.8	0.8	
H/G	1.4	1.3	1.2	1.2	1.5	1.4	1.5	1.5	1.1	1.1	1.1	1.1	
												T	
GF%	27	30	22	19	22	30	19	32	5	5	9	9	229
FI%	6	5	23	27	9	37	23	40	3	3	2	2	180

Absolute waarde der schijnbare drempels bij vijf achtereenvolgende bepalingen, met de gemiddelde, de laagste en de hoogste waarde benevens de gemiddelde fout en de fout van de eerste bepaling, in percenten.

Tabel 3.

Karel.

	R				G				V				
	1/5		1/50		1/5		1/50		1/5		1/50		
	L	K	L	K	L	K	L	K	L	K	L	K	
I	20	20	119	119	16	16	76	76	760	760	2360	2360	
2	20	20	119	119	16	16	76	76	590	590	2850	2850	
3	16	16	104	104	11	11	76	76	590	590	2620	2620	
4	16	16	76	76	14	14	59	59	590	590	2850	2850	
5	16	16	104	104	16	16	59	76	680	680	2850	2850	
G	17	17	104	104	15	15	69	73	640	640	2706	2706	
L	16	16	76	76	11	11	59	59	590	590	2360	2360	
H	20	20	119	119	16	16	76	76	760	760	2850	2850	
L/G	1	1	0.7	0.7	0.7	0.7	0.9	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	
H/G	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1.2	1.2	1.1	1.1	
												T	
GF%	11	11	11	11	17	17	12	7	10	10	6	6	129
Fr%	8	8	14	14	7	7	10	4	18	18	12	12	132

Absolute waarde der schijnbare drempels bij vijf achtereenvolgende bepalingen, met de gemiddelde, de laagste en de hoogste waarde benevens de gemiddelde fout en de fout van de eerste bepaling in percenten.

Tabel 4.

J. J. van der Horst.

	R				G				V				
	1:5		1:50		1:5		1:50		1:5		1:50		
	L	K	L	K	L	K	L	K	L	K	L	K	
1	10	10	85	85	0	14	40	70	515	515	1800	1800	
2	14	14	97	97	10	15	70	80	185	185	1400	1400	
3	10	11	70	70	0	0	55	70	140	140	1800	1800	
4	10	11	85	85	0	10	55	07	111	111	1500	1500	
5	10	10	68	66	0	10	55	85	185	185	1050	1050	
G	14	14	85	81	0	10	55	84	217	217	1815	1815	
L	10	11	68	75	0	0	55	70	111	111	1500	1500	
H	10	10	07	07	10	15	70	07	555	555	1450	1450	
L/G	0.0	0.0	0.8	0.8	0.7	0.0	0.7	0.0	0.5	0.5	0.7	0.7	
H/G	1.1	1.1	1.2	1.1	1.8	1.4	1.4	1.2	1.4	1.4	1.4	1.4	
												T	
GE ¹ / ₂	11	11	0	0	20	20	14	8	30	30	15	15	215
F1	14	14	2	2	55	15	55	10	50	50	2	2	185

Absolute waarde der schijnbare drempels bij vijf achtereenvolgende bepalingen, met de gemiddelde, de laagste en de hoogste waarde benevens de gemiddelde fout en de fout van de eerste bepaling, in procenten.

Tabel Nr. 5.

NR	Stilling	Anom.		NR	Stilling	Anom.
3	mm9	59—60		38	alles	58
6	alles	58—60		39	„	61
8	mm9	59—62		40	„	62
11	„	58—60		41	„	62
12	alles	57—60		42	„	59
13	mm9	58—61		43	„	58
16	alles	60		45	„	61
18	„	60		46	„	59
21	„	57—58		47	„	61
23	„	59—60		48	„	
24	„					
31	„	59				
32	„	58				
36	„	58				

Uitslag van het onderzoek met Stilling en Anomaloscoop bij normale individuen. Waar in de kolom Stilling „alles” is vermeld beteekent dit dat de proefpersoon alle platen van Stilling kan ontcijferen. „M m 9” wil zeggen „moeite met plaat 9”. De getallen in de kolom anomaloscoop geven weer de waarden voor x bij de 2e instelling: $x \left(\frac{Li}{Th} \right) = 19 Na$.

Tabel Nr. 6.

			Schijnb. dr. varieeren tusschen	VB	Aantal ind. in elke Gr.				
					I	II	III	IV	V
R	1/5	L	16 en 46	3	9	2	2	0	4
		K	16 „ 46	3	9	1	3	0	4
	1/50	L	68 „ 211	3	3	8	2	3	1
		K	68 „ 211	3	3	7	2	4	1
G	1/5	L	6 en 29	5	1	2	4	8	2
		K	12 „ 76	6	5	3	4	3	2
	1/50	L	40 „ 89	2	3	0	5	0	9
		K	40 „ 163	4	1	1	7	5	3
V	1/5	L	119 en 3650	31	2	5	6	2	2
		K	119 „ 3650	31	2	5	6	2	2
	1/50	L	760 „ 30800	41	2	6	2	4	4
		K	760 „ 30800	41	2	6	3	3	3

Berekening volgens geometrische methode van de normen der absolute waarde van de schijnbare drempels.

Tabel Nr. 7.

NR	R				G				V			
	1/5		1/50		1/5		1/50		1/5		1/50	
	L	K	L	K	L	K	L	K	L	K	L	K
6	16	16	76	76	9	16	46	76	119	119	760	760
13	37	37	140	163	16	53	76	104	1190	1190	11200	11200
16	16	16	83	83	6	14	46	76	315	315	1860	1860
18	19	19	68	68	12	12	40	40	760	760	3360	3360
23	37	37	89	89	26	32	59	89	3650	3650	30800	30800
24	20	20	89	140	16	29	76	112	230	400	2650	2850
31	29	29	163	163	20	29	76	97	430	590	2850	2850
36	23	29	104	140	12	20	76	89	1190	1190	18600	18600
38	46	46	211	211	29	76	89	163	1860	1860	16300	16300
39	23	23	119	119	16	40	59	104	460	460	2850	2850
40	29	29	119	119	9	40	76	140	590	590	8900	8900
41	20	20	97	97	16	16	59	59	460	460	1400	1400
42	20	20	89	89	16	16	89	104	890	890	4450	4450
43	16	16	89	89	12	25	59	83	890	890	2360	2360
45	37	37	140	140	16	35	76	89	460	3080	3650	23600
46	16	16	89	89	16	46	89	140	890	890	8900	8900
47	16	16	97	97	12	20	59	89	680	680	2620	2620

Schijnbare drempels bij „normalen”.

Tabel Nr. 8.

	R				G				V			
	1/5		1/50		1/5		1/50		1/5		1/50	
	L	K	L	K	L	K	L	K	L	K	L	K
N	18	18	89	89	16	29	76	89	530	530	2300	2300
L	16	16	68	68	6	12	40	40	119	119	760	760
H	46	46	211	211	29	76	89	163	3650	3650	30800	30800
L/N	0.9	0.9	0.8	0.8	0.4	0.4	0.5	0.4	0.2	0.2	0.3	0.3
H/N	2,6	2,6	2,3	2,3	1.8	2.6	1.2	1.8	6,9	6,9	13	13
VB	3	3	3	3	5	6	2	4	31	31	41	41

Normen, laagste en hoogste waarden en variatie breedte van de absolute waarde der schijnbare drempels, berekend voor 17 „normalen”.

Tabel Nr. 9.

	R		G		V	
	1/5	1/50	1/5	1/50	1/5	1/50
6	1	1	1.8	1.7	1	1
13	1	1.2	3.3	1.4	1	1
16	1	1	2.2	1.6	1	1
18	1	1	1	1	1	1
23	1	1	1.2	1.5	1	1
24	1	1.6	1.8	1.4	1.3	1.1
31	1.1	1.4	1.4	1.2	1.4	1
36	1.2	1.3	1.6	1.2	1	1
38	1	1	2.6	1.8	1	1
39	1	1	2.5	1.8	1	1
40	1	1	4.4	1.8	1	1
41	1	1	1	1	1	1
42	1	1	1	1.2	1	1
43	1	1	2	1.4	1	1
45	1	1	2.2	1.2	6.7	6.4
46	1	1	2.9	1.6	1	1
47	1	1	1.7	1.5	1	1

Photochromatisch Interval der „normalen“.

Tabel Nr. 10.

	R		G		V	
	1/5	1/50	1/5	1/50	1/5	1/50
N	1	1	2	1.4	1	1
L	1	1	1	1	1	1
H	1.2	1.6	4.4	1.8	6.7	6.4
L/N	1	1	0.5	0.7	1	1
H/N	1.2	1.6	2.2	1.3	6.7	6.4
V/B	1.2	1.6	4	2	6.7	6.4

Photochromatisch Interval. Normen, laagste en hoogste waarden en variatiebreedte van het photochromatisch interval, berekend voor 17 „normalen“.

Tabel Nr. 11.

	L			K		
	R	G	V	R	G	V
6	5	5	6	5	5	6
13	4	5	10	4	2	10
16	5	8	6	5	5	6
18	4	3	4	4	3	4
23	2.5	2	8	2.5	3	8
24	4	5	12	7	4	12
31	6	4	7	6	3	5
36	5	6	16	5	4	16
38	5	3	9	5	2	9
39	5	4	6	5	2.5	6
40	4	8	15	4	3.5	15
41	5	4	3	5	4	3
42	4.5	6	5	4.5	7	5
43	5.5	5	3.5	5.5	3	3.5
45	4	5	8	4	2.5	7
46	5.5	5.5	10	5.5	3	10
47	6	5	4	6	4.5	4

Tijdfactor van „normalen” voor licht- en kleurempels.

Tabel Nr. 12.

	L			K		
	R	G	V	R	G	V
N	4.5	5	5	4.5	3	5
L	2.5	2	3	2.5	2	3
H	6	8	16	7	7	16
L/N	0.6	0.4	0.6	0.6	0.7	0.6
H/N	1.3	1.6	3.2	1.5	2.3	3.2
V B	2	4	5	2.5	3	5

Tijdfactor. Normen, laagste en hoogste waarden en variatiebreedte van den tijdfactor, berekend voor 17 „normalen”.

Tabel Nr. 13.

	R/G				V/G			
	L		K		L		K	
	1/5	1/50	1/5	1/50	1/5	1/50	1/5	1/50
6	1.8	1.7	1	1	13	16	7.4	10
13	2.3	1.8	0.7	1.5	73	147	23	18
16	2.6	1.8	1.1	1.1	52	40	23	24
18	1.6	1.7	1.6	1.7	63	84	63	84
23	1.5	1.5	1.2	1	140	522	112	346
24	1.2	1.2	0.7	1.2	14	35	14	26
31	1.5	2.1	1	1.6	22	37	20	29
36	1.9	1.3	1.5	1.6	97	244	60	209
38	1.6	2.4	0.6	1.3	64	183	24	100
39	1.4	2	0.6	1.1	29	46	12	24
40	3.2	1.6	0.7	0.9	66	117	15	64
41	1.3	1.6	1.2	1.7	29	24	29	24
42	1.3	1	1.2	0.9	56	50	55	43
43	1.3	1.5	0.6	1.1	74	40	35	28
45	2.3	1.8	1.0	1.6	29	48	88	265
46	1	1	0.3	0.6	56	100	19	64
47	1.3	1.6	0.8	1.1	57	44	34	29

Verhouding der drempels van de „normalen” $G = 1$ gerekend.

Tabel Nr. 14.

	R/G				V/G			
	L		K		L		K	
	1/5	1/50	1/5	1/50	1/5	1/50	1/5	1/50
N	1.3	1.7	0.9	1.1	60	45	20	25
L	1	1	0.3	0.6	13	16	7	10
H	3.2	2.4	1.6	1.7	140	522	122	346
L/N	0.8	0.6	0.3	0.6	0.2	0.4	0.4	0.3
H/N	2.5	1.4	1.8	1.6	2.3	11.5	5.6	13.8
VB	3	2	5	3	12	30	14	46

Normen, laagste en hoogste waarden en variatiebreedte van de verhoudingen $\frac{R}{G}$ en $\frac{V}{G}$, berekend voor 17 normalen.

Tabel Nr. 15.

Schijnbare Drempels bij Licht-adaptatie en zwart contrast.

Z	R				G				V			
	1/5		1/50		1/5		1/50		1/5		1/50	
	L	K	L	K	L	K	L	K	L	K	L	K
3	163	163	590	590	59	76	186	392	2850	3920	42000	>75800
6	76	89	1040	1040	46	89	186	262	590	590	4600	4600
8	119	119	760	890	35	35	163	236	10400	10400	33600	33600
11	76	76	760	760	59	76	104	236	4600	4600	16300	16300
12	104	104	890	890	59	59	119	420	1630	1630	14000	14000
13	140	140	760	760	104	211	119	336	7600	7600	28500	28500
16	104	104	392	470	23	59	285	365	760	760	2620	2620
18	76	76	460	590	46	59	119	140	460	460	1400	1400
21	35	35	336	365	16	46	89	119	460	460	3920	3920
N	90	90	700	700	45	50	110	280	1000	1000	10000	10000
L	35	35	336	365	16	35	89	119	460	460	1400	1400
H	163	163	1040	1040	104	211	285	420	10400	10400	42000	>57800
L/N	0.4	0.4	0.5	0.5	0.3	0.7	0.8	0.4	0.5	0.5	0.1	0.1
H/N	2	2	1.5	1.5	2	4	3	1.5	10	10	4	4
V/B	5	5	3	3	6	6	3	3.5	23	23	30	>41

Tabel Nr. 16.

Normen, laagste en hoogste waarden en variatiebreedte van de schijnbare drempels van 9 „normalen” bij Licht-adaptatie en zwart contrast.

Tabel Nr. 17.

Schijnbare Drempels bij Licht-adaptatie en wit contrast.

W	R				G				V			
	1/5		1/50		1/5		1/50		1/5		1/50	
	L	K	L	K	L	K	L	K	L	K	L	K
3	—	—	1860	1860	1400	1400	2360	2360	8900	36500	23600	>57800
6	—	—	—	—	119	119	890	890	4700	4700	8900	8900
8	1190	1190	1860	1860	890	1190	4200	4200	23600	23600	39200	55000
11	—	—	1860	1860	890	1860	3080	18600	14000	39200	>57800	>57800
12	1040	1040	2850	2850	1190	1190	4450	4450	11900	11900	33600	33600
13	460	460	2360	2360	760	760	5900	5000	36500	36500	>57800	>57800
16	—	—	—	—	308	308	7600	7600	7600	7600	26200	26200
18	—	—	—	—	890	890	3080	3080	10400	10400	28500	28500
21	230	230	1400	1400	890	890	2620	2620	5900	5900	8900	8900
N	1000	1000	2000	2000	800	800	3000	3000	8000	8000	25000	25000
L	230	230	1400	1400	119	119	890	890	4700	4700	8900	8900
H	1190	1190	2850	2850	1400	1860	7600	18600	36500	39200	>57800	>57800
L/N	0.2	0.2	0.7	0.7	0.1	0.1	0.3	0.3	0.6	0.6	0.4	0.4
H/N	1.1	1	2	2	2	2	2.5	6	4.5	5	>2	>2
V B	5	5	2	2	12	15	8.5	20	8	8	>6	>6

Tabel Nr. 18.

Normen, laagste en hoogste waarden en variatiebreedte van de schijnbare drempels van 9 „normalen” bij Licht-adaptatie wit contrast.

Tabel Nr. 19.

Contrastfactor bij Licht-adaptatie.

	R				G				V			
	L _r		K		L _r		K		L _r		K	
	1/5	1/50	1/5	1/50	1/5	1/50	1/5	1/50	1/5	1/50	1/5	1/50
3	—	3	—	3	24	13	18	6	3	0.6	9	0.6
6	—	—	—	—	3	5	1	3	8	2	8	2
8	10	2	10	2	25	26	34	13	2	1	2	1
11	—	2	—	2	15	30	24	79	3	—	8	—
12	10	3	10	3	20	38	20	10	7	2	7	2
13	3	3	3	3	7	50	4	18	4	—	4	—
16	—	—	—	—	13	27	5	21	10	10	10	10
18	—	—	—	—	19	26	15	22	20	20	20	20
21	7	4	7	4	55	29	19	22	13	2	13	2
N												
L _r	3	2	3	2	3	5	1	3	2	0.6	2	0.6
H	10	4	10	4	55	50	34	79	20	20	20	20
L _r /N												
H/N												
V B	3	2	3	2	25	10	34	26	10	33	10	33

Tabel Nr. 20.

Laagste en hoogste waarden en variatiebreedte van den contrastfactor van 9 „normalen”,
bij lichtadaptatie.

Tabel Nr. 21.

NR	R				G				V			
	1/5		1/50		1/5		1/50		1/5		1/50	
	L	K	L	K	L	K	L	K	L	K	L	K
10	25	29	89	130	20	35	43	119	1190	1190	10400	10400
19	29	29	97	97	9	46	46	89	374	374	1860	1860
22	35	53	104	211	29	285	68	2110	1040	1300	8900	11900
25	46	104	97	890	15	211	89	308	590	3360	8900	30800
26	13	16	89	112	9	20	40	83	830	830	3920	3920
27	35	35	262	308	23	>57800	89	>57800	3080	3080	10400	10400
28	186	211	890	2360	12	29	89	104	525	525	4200	11900
29	20	20	119	163	9	20	59	308	236	590	5220	8900
30	37	37	163	186	20	43	89	365	830	830	10400	10400
33	40	59	236	1190	16	68	140	>57800	1400	1400	33600	33600
34	104	>57800	236	>57800	53	3080	186	>57800	760	760	11900	11900
35	29	29	104	104	20	29	104	163	1190	1400	16300	16300
37	23	23	119	119	20	35	104	163	525	525	3080	3080
44	29	29	186	186	12	16	68	83	460	460	3080	3080

Schijnbare drempels bij „abnormalen”.

Tabel Nr. 22.

Schijnbare Drempels der „Abnormalen” uitgedrukt in de norm.

	R				G				V			
	1/5		1/50		1/5		1/50		1/50		1/50	
	L	K	L	K	L	K	L	K	L	K	L	K
10	1.4	1.6	1	1.5	1.3	1.2	0.6	1.3	2.3	2.3	4.6	4.6
19	1.6	1.6	1.1	1.1	0.6	1.5	0.6	1	0.7	0.7	0.8	0.8
22	1.9	3.0	1.2	2.4	1.8	10	0.9	22	2.0	2.5	3.9	5.2
25	2.6	5.8	1.1	10	0.9	7	1.2	3.5	1.1	6.3	3.9	13
26	0.7	0.9	1	1.3	0.6	0.7	0.5	0.9	1.6	1.6	1.7	1.7
27	1.9	1.9	3.0	3.5	1.4	>1993	1.2	>649	5.8	5.8	4.6	4.6
28	10.3	1.2	10	27	0.8	1	1.2	1.1	1	1	1.8	5.2
29	1.1	1.1	1.3	1.8	0.6	0.7	0.8	3.5	0.4	1.1	2.2	3.9
30	2.1	2.1	1.8	2.1	1.3	1.5	1.2	4.1	1.6	1.6	4.6	4.6
33	2.2	3.2	2.7	13	1	2.5	1.8	>649	2.6	2.6	15	15
34	5.8	>3211	2.7	>649	3.3	106	2.4	>649	1.4	1.4	5.2	5.2
35	1.6	1.6	1.2	1.2	1.3	1	1.3	1.8	2.4	2.6	7	7
37	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.3	1.8	1	1	1.3	1.3
44	1.6	1.6	2.1	2.1	0.8	0.5	0.9	0.9	0.9	0.9	1.3	1.3
L/N	0.9	0.9	0.8	0.8	0.4	0.4	0.5	0.4	0.2	0.2	0.3	0.3
H/N	2.6	2.6	2.3	2.3	1.8	2.6	1.2	1.8	6.9	6.9	13	13
N	18	18	89	89	16	29	76	89	530	530	2300	2300

Tabel Nr. 23.

Laagste en hoogste bij normalen gevonden waarden, in de norm uitgedrukt, benevens de norm voor de absolute waarde der schijnbare drempels.

Tabel Nr. 24.

	R		G		V	
	1/5	1/50	1/5	1/50	1/5	1/50
10	1.1	1.4	1.7	2.8	1	1
19	1	1	5.1	1.5	1	1
22	1.5	2	9.8	31	1.3	1.2
25	2.3	9.1	15	3.4	5.7	3.4
26	1.2	1.2	2.1	2.1	1	1
27	1	1.2	>2513	>649	1	1
28	1.1	2.6	2.4	1.6	1	2.8
29	1	1.4	2.1	5.2	2.5	1.3
30	1	1.1	2.1	4.1	1	1
32	1	1.2	10	7.8	1.5	1.2
33	1.5	5	4.2	>410	1	1
34	>556	>244	58	>331	1	1
35	1	1	1.5	1.6	1.2	1
37	1	1	1.7	1.5	1	1
44	1	1	1.3	1.2	1	1

Photochromatisch Interval der „abnormalen“.

Tabel Nr. 25.

	R		G		V	
	1/5	1/50	1/5	1/50	1/5	1/50
10	1.1	1.4	0.8	2	1	1
19	1	1	2.5	1	1	1
22	1.5	2	4.9	22	1.3	1.2
25	2.3	9.1	7.5	2.5	5.7	3.4
26	1.2	1.2	1	1.5	1	1
27	1	1.2	>1257	>464	1	1
28	1.1	2.6	1.2	1	1	2.8
29	1	1.4	1	4	2.5	1.3
30	1	1.1	1	3	1	1
32	1	1.2	5	5.5	1.5	1.2
33	1.5	5	2.1	>293	1	1
40	>556	>244	29	>240	1	1
35	1	1	0.7	1	1.2	1
37	1	1	0.8	1	1	1
44	1	1	0.6	0.9	1	1

XVIII Photochromatisch Interval der „abnormalen“ uitgedrukt in de „norm“.

Tabel Nr. 26.

	L				K		
	R	G	V		R	G	V
10	3.5	2	9		4.5	3	9
19	3	5	5		3	2	5
22	3	2.3	9		4	7	9
25	2	6	1.5		8.5	1	7
26	7	4	4		7	4	9
27	7.5	3	3		9	$\frac{>57800}{>57800}$	3
28	5	7	8		11	5	23
29	6	7	22		8	15	1.5
30	4	4	13		5	9	13
32	4	8	5		4.5	2.5	4
33	6	9	24		20	>850	24
34	2.3	3.5	16		$\frac{>57800}{>57800}$	>18	16
35	4	5	14		4	6	12
37	5	5	6		5	5	6
44	6	5.5	7		6	5	7

Tijdfactor der „abnormalen“.

Tabel Nr. 27.

NR	L				K		
	R	G	V		R	G	V
10	0.8	0.4	1.8		1	1	1.8
19	0.7	1	1		0.7	0.7	1
22	0.7	0.5	1.8		0.9	2.3	1.8
25	0.4	1.2	0.3		1.9	0.3	1.4
26	1.6	0.8	0.8		1.6	1.3	1.8
27	1.6	0.6	0.6		2.0	$\frac{>57800}{>57800}$	0.6
28	1.1	1.4	1.6		2.4	1.6	4.6
29	1.3	1.4	4.4		1.8	5	0.3
30	0.9	0.8	2.6		1.1	3	2.6
32	0.9	1.6	1		1	0.8	0.8
33	1.3	1.8	4.8		4.4	>283	4.8
34	0.4	0.7	2.3		$\frac{>57800}{>57800}$	>6	3.2
35	0.9	1	2.8		0.9	2	2.4
37	1.1	1	1.2		1.1	1.6	1.2
44	1.3	1.1	1.4		1.3	1.6	1.4

Tijdfactor „abnormalen“ uitgedrukt in de norm.

Tabel Nr. 28.

	R				V			
	L		K		L		K	
	1.5	1.50	1.5	1.50	1.5	1.50	1.5	1.50
10	1.3	2.7	0.8	1.1	70	24.2	2.4	8.8
19	3.2	2.1	0.6	1.3	43	40	30	11
22	1.2	1.5	0.2	0.1	30	13.4	4.5	9
25	3	1.1	0.5	1.0	30	100	10	100
26	1.4	2.2	0.8	1.3	32	48	4.1	40
27	1.5	3	<0.0006	<0.005	133	11.7	>0.05	<0.1
28	10	10	7.2	17	44	4.7	18	8.8
29	2.2	2	1	0.5	10	8.5	10	10
30	1.9	1.8	0.9	0.5	41	11.7	10	14
32	2.4	1.2	0.1	0.2	20	32	3.4	5
33	2.5	1.8	0.9	>0.01	86	24.0	11	<0.0
34	1.0	1.2	<10	$\frac{>57800}{>57800}$	14	84	0.4	<1
35	1.5	1.0	1	0.0	60	10	4.5	100
37	1.1	1.4	0.7	0.7	20	30	5.6	14
44	1.4	1.7	1.4	2.5	38	4.5	10	3.7

Verhouding der drempels der „abnormalen“. G = 1 gerekend.

Tabel Nr. 29.

	R				V			
	L		K		L		K	
	1.5	1.50	1.5	1.50	1.5	1.50	1.5	1.50
10	1	1.6	0.7	1	1	5.4	1.7	3.5
19	2.5	1.2	0.5	1	0.7	1	4.3	0.8
22	1	0.9	0.2	0.1	0.6	3	0.2	0.2
25	2.3	0.6	0.5	1.8	0.6	2.2	0.8	4
26	1	1.2	0.7	1.3	1.5	2	2.1	1.8
27	1.1	1.8	<0.0005	<0.005	2.2	2.5	<0.002	<0.01
28	12	6	7	16	0.7	1	0.9	3.4
29	1.6	1.2	1	0.5	0.5	2	1.5	1.1
30	1.5	1	0.8	0.5	0.7	2.5	1.0	1.1
32	1.8	0.7	0.1	0.2	0.8	0.7	0.2	0.2
33	2	1	0.8	<0.02	1.3	5.4	1.0	<0.02
34	1.5	0.7	<13	$\frac{>57800}{>57800}$	0.2	1.4	0.02	<0.01
35	1.1	0.6	1	0.5	1	0.4	2.4	4
37	0.9	0.6	0.6	0.6	0.5	0.7	4.4	0.8
44	1.8	1.6	1.4	2.5	0.6	1	1.5	1.5

Verhouding der drempels van de abnormalen, uitgedrukt in de „norm“. G = 1 gerekend.

Tabel Nr. 30.

Zestien gegevens der abnormalen uitgedrukt in de norm.

Abs.waarde schijnb. licht- drempel bij 1/50				Photochrom. Interval bij 1/50			Tijd-factor						Verhouding der Drempels bij 1/50			
							R		G		V		R/G		V/G	
	R	G	V	R	G	V	L	K	L	K	L	K	L	K	L	K
10	1	0.6	4.6	1.4	2	1	0.8	1	0.4	1	1.8	1.8	1.6	1	5.4	3.5
19	1.1	0.6	0.8	1	1	1	0.7	0.7	1	0.7	1	1	1.2	1	1	0.8
22	1.2	0.9	3.9	2	22	1.2	0.7	0.9	0.5	2.3	1.8	1.8	0.9	0.1	3	0.2
25	1.1	1.2	3.9	9.1	2.5	3.4	0.4	1.9	1.2	0.3	0.3	1.4	0.6	1.8	2.2	4
26	1	0.5	1.7	1.2	1.5	1	1.6	1.6	0.8	1.3	0.8	1.8	1.2	1.3	2	1.8
27	3.0	1.2	4.6	1.2	>464	1	1.7	2.0	0.6	—	0.6	0.6	1.8	<0005	2.5	<0.01
28	10	1.2	1.8	2.6	1	2.8	1.1	2.4	1.4	1.6	1.6	4.6	6	16	1	3.4
29	1.3	0.8	2.2	1.4	4	1.3	1.3	1.8	1.4	5	4.4	0.3	1.2	0.5	2	1.1
30	1.8	1.2	4.6	1.1	3	1	0.9	1.1	0.8	3	2.6	2.6	1	0.5	2.5	1.1
33	2.7	1.8	15	5	>293	1	1.3	4.4	1.8	>283	4.8	4.8	1	<0.02	5.4	<0.02
34	2.7	2.4	5.2	>244	>240	1	0.4	—	0.7	>6	2.3	3.2	0.7	—	1.4	<0.01
35	1.2	1.3	7	1	1	1	0.9	0.9	1	2	2.8	2.4	0.6	0.5	0.4	4
44	2.1	0.9	1.3	1	0.9	1	1.3	1.3	1.1	1.6	1.4	1.4	1.6	2.5	1	1.5
L/N	0.8	0.5	0.3	1	0.7	1	0.6	0.6	0.4	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.4	0.3
H/N	2.3	1.2	13	1.6	1.3	6.4	1.3	1.5	1.6	2.3	3.2	3.2	1.4	1.6	12	14
N	89	76	2300	1	1.4	1	4.5	4.5	5	3	5	5	1.7	1.1	45	25

Tabel No. 31.

Laagste en hoogste bij normalen gevonden waarde, uitgedrukt in de norm, benevens de norm in „absolute” maat.

Tabel Nr. 32.

	Licht			Kleur			Phot. Int.		
	R	G	V	R	G	V	R	G	V
19	1.1	0.6	0.8	1.1	1	0.8	1	1	1
26	1	0.5	1.7	1.3	0.9	1.7	1.2	1.5	1
29	1.3	0.8	2.2	1.8	3.5	3.9	1.4	4	1.3
30	1.8	1.2	4.6	2.1	4.1	4.6	1.1	3	1
35	1.2	1.3	7	1.2	1.8	7	1	1	1
10	1	0.6	4.6	1.5	1.3	4.6	1.4	2	1

Licht en kleurdrempels en photochromatisch interval der
deuteranomalien, uitgedrukt in de norm.

Tabel Nr. 33.

	Licht			Kleur			Phot. Int.		
	R	G	V	R	G	V	R	G	V
22	1.2	0.9	3.9	2.4	22	5.2	2	22	1.2
25	1.1	1.2	3.9	10	3.5	13	9.1	2.5	3.4
27	3.0	1.2	4.6	3.5	>57800	4.6	1.2	>464	1
33	2.7	1.8	15	13	>57800	15	5	>293	1
34	2.7	2.4	5.2	>57800	>57800	5.2	>244	>240	1

Licht en kleurdrempels en photochromatisch interval bij
deuteranopen, uitgedrukt in de norm.

Tabel Nr. 34.

		22	25	27	33	34
$\begin{matrix} 88 \\ y \\ 49 \\ 70 \\ o \end{matrix} \begin{pmatrix} Li \\ Th \\ Li \\ Th \\ Li \\ Th \\ Li \\ Th \end{pmatrix} = \begin{matrix} x \\ 19 \\ z \\ p \\ q \end{matrix} na$	1	15	16	44	—	24
	2	55 à 60	54 à 62	70 à 80	—	—
	3	23	21	22	20	26
	4	—	—	23	25	22
	5	41	—	58	35	33
Stilling	1	—	—	—	—	—
	2	—	—	—	—	—
	3	3	—	3	3	3
	4	—	—	—	—	—
	5	—	—	—	—	—
	6	—	—	—	—	—
	7	—	—	—	—	—
	8	—	—	—	—	—
	9	—	9 mm	—	9 mm	—
	10	10	10	10	10	10

Anomaloscoop en Stilling bij de Deuteranopen.

Tabel Nr. 35.

	An. coop. inst.	Gemid- deld	Verh. rood groen	R — G
0	58—60	59	2.0	1.0
10	59—01	60	2.1	1.1
13	58—61	59.5	2.1	1.5
16	60	60	2.1	1.1
18	60	60	2.1	1.7
19	54—62	58	1.9	1.1
23	59—60	59.5	2.1	1.0
26	56—59	57.5	1.9	1.3
29	25—35	30	0.6	0.5
30	49—56	52.5	1.6	0.5
31	59	59	2.0	1.6
35	54—55	54.5	1.7	0.6
36	58	58	1.9	1.6
38	58	58	1.9	1.3
39	61	61	2.2	1.1
40	62	62	2.4	0.9
41	62	62	2.4	1.7
42	62	62	2.4	0.9
43	58	58	1.0	1.1
45	61	61	2.2	1.6
46	59	59	2.0	0.6
47	61	61	2.2	1.1

Tabel Nr. 36.

	G G	
	Ano- mal.	Drem- pel
29	0.6	0.5
30	1.6	0.5
35	1.7	0.6
46	1.9	1.3
19	1.9	1.1
10	2.1	1.1
40	2.4	0.9
42	2.4	0.9
41	2.4	1.7

Anamaloscoop en
Drempelmeting.

Tabel Nr. 37.

NORMALEN				ABNORMALEN			
Nr.	Hess A	Hess B		Nr.	Diagnose	Hess A	Hess B
6	—	—		10	deutanomaal	+	—
13	—	—		19	normaal	—	—
23	—	—		22	deutanoop	+	—
31	—	—		25	deutanoop + protanomaal ?	+	herkent kleine hoef. R. en G niet
36	—	—		26	deutanomaal	—	—
38	—	—		27	deutanoop	+	—
39	—	—		28	protanoop	+	te veel R
40	—	—		29	deutanomaal	+	—
41	—	—		30	deutanomaal	+	—
42	—	—		33	deutanoop	+	te veel R
43	—	—		34	deutanoop	+	—
45	—	—		35	deutanomaal	—	—
46	—	—		44	protanomaal	—	te veel R
47	—	—					

Uitslag van het onderzoek met het toestel van Von Hess.

STELLINGEN.

- I. Bij keelaandoeningen, die op diphterie gelijken, heeft in het algemeen, het zoeken naar den diphteriebacil, geen nut voor de behandeling.
- II. De meeste besmettingen met malaria tertiana hebben in de late najaarsmaanden plaats.
- III. Bij doorbraak van een maagzweer is de eenvoudigste operatiemethode de beste.
- IV. Voor de localisatie van extramedullaire tumoren is de intralumbale lipiodol-inspuiting een waardevol hulpmiddel.
- V. De meening van de Moulin, volgens welke het celprotoplasma een homogene structuur zou bezitten, berust op een foutieve methodiek.
- VI. Bij achterhoofdsligging met verkeerden spildraai verkieze men in het algemeen de tangextractie met ongecorrigeerden schedelstand boven de methode van Scanzoni-Lange.
- VII. Grimbergs meening, dat het recidief bij febris typhoidea zou berusten op besmetting met paratyphusbacillen, is onjuist.
- VIII. Ter beperking van mogelijke malaria-epidemieën in de toekomstige Zuiderzeeprovincie stelle men tijdig bepalingen vast, waaraan bij den woningbouw aldaar zal moeten worden voldaan.
- IX. In het belang van de volksgezondheid dienen medische artikelen in de dagbladers tot zuiver hygiënische onderwerpen beperkt te blijven.

